

(19) DANMARK



Patentdirektoratet
TAASTRUP

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 164381 B

(21) Patentansøgning nr.: 5266/86

(51) Int.Cl.5

H 01 B 3/00

(22) Indleveringsdag: 04 nov 1986

H 01 B 9/06

(41) Alm. tilgængelig: 09 maj 1987

(44) Fremlagt: 15 jun 1992

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 08 nov 1985 IT 22768/85

(71) Ansøger: *SOCIETA' CAVI PIRELLI SOCIETA PER AZIONI; Piazzale Cadorna 5; 20123 Milano, IT

(72) Opfinder: Claudio *Bosisio; IT

(74) Fuldmægtig: Lehmann & Ree A/S

(54) Højspændingskabel med en leder og en lagdelt isolation

(56) Fremdragne publikationer

GB off.g.skrift nr. 2002684

SE frøml.skrift nr. 368294

US pat. nr. 3775549, 4325848

(57) Sammendrag:

5266-86

Et bånd (1) til isolering af elektriske kabler omfatter mindst et lag (2,4) af cellulosepapir, som er behandlet på en sådan måde, at det forbedrer dets elektriske egenskaber. Laget er forbundet med en understøtning (3) af plastmateriale, og det sammensatte bånd er opviklet til dannelsen af i det mindste en del af isolationen i et stærkstrømskabel af den art, hvor isolationen er imprægneret med flydende olie.

5266-86

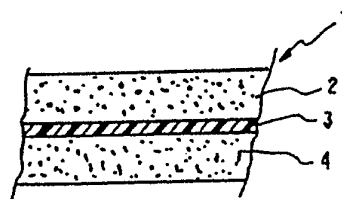


Fig. 1

Den foreliggende opfindelse angår et højspændingskabel omfattende en leder og en lagdelt isolation, der er imprægneret med en isolerende olie eller med en forbindelse, hvilken lagdelte isolation omfatter mindst et sammensat bånd, hvis tykkelse ligger fra 50 til 200 μm , og som udgøres af mindst et lag af cellulosepapir, der er bundet til et lag af et biaksialt orienteret polymert plastmateriale ved hjælp af et lag af et copolymeret plastmateriale, som har en blødgøringsstemperatur, der er lavere end blødgøringsstemperaturen for det biaksialt orienterede polymere materiale.

Ved overførsel af elektrisk strøm ved meget høje spændinger, nemlig op til ca. 1.000 kV, anvendes der normalt kabler med en isolation af cellulosepapir imprægneret med flydende olie.

Ved disse spændingsværdier frembringer de dielektriske tab i isolationen og navnlig i papiret en varmeudvikling, som kræver anvendelse af passende kølesystemer, som ikke er særlig praktiske og har en betydelig pris eller alternativt reducerer effekten, som kan overføres af et givet kabel, betydeligt. De dielektriske tab er i væsentlig grad afhængige af værdien af den såkaldte tabsvinkel (δ) (og mere præcist værdien af tangens af den nævnte vinkel), og i mindre udstrækning af den relative dielektricitetskonstant ϵ_r for cellulosepapiret.

Tangensdeltaværdien ($\text{tg } \delta$) for cellulosepapiret (og derfor de tilsvarende dielektriske tab) er blevet reduceret konstant i de sidste tiårsperioder fra 3% til 1,5% for de bedste papirer som følge af forbedringer i produktionsprocessen, såsom anvendelse af afioniseret vand til blandepræparatet.

Disse værdier er imidlertid stadig alt for høje, når cellulosepapir anvendes til meget høje spændinger, så at anvendelsen af et tvangskølesystem er nødvendig for at fjerne varmen hidrørende fra de dielektriske tab. For at reducere de dielektriske tab er det blevet foreslået yderligere at reducere tangensdeltaværdien for isolationen og tilvejebringe en blandet isolation bestående af bånd af papir og af bånd af plastmateriale, såsom polypropylen, der har en meget lav tangensdelta i forhold til papir, og også ϵ_r værdier, der er lavere end for cellulosepapir. Isoleringen udføres ved at vikke skiftevis papirbånd og plastbånd eller ved at gøre brug af foruddannede laminerende strukturer omfattende et eller to papirbånd sammenkoblet med et lag af plastmateriale dannet ved ekstrudering eller ved at tilvejebringe bindemidler mellem lagene.

I disse strukturer er det hensigtsmæssigt, at laget af plastmateriale har en passende tykkelse i forhold til den samlede tykkelse af båndet, så at den resulterende middelværdi af tangensdelta reduceres så meget som muligt, f.eks. til værdier af størrelsesordenen 0,7 - 1%.

En ulempe ved disse lagdelte strukturer er, at plastmaterialet ikke er kompatibelt med imprægneringsolien, i kontakt med hvilken det undergår en kvældning. Når plastmaterialet forefindes i store mængder, kan denne kvældning medføre alvorlige spændinger inden i det isolerende lag. Som følge af kvældningen udøver lagene af syntetisk materiale, navnlig når de er varme, i virkeligheden radiale tryk, som kan forårsage folder ved sammenklapning i isolationen med risiko for et brud i celluloselagene.

En yderligere ulempe ligger i tabet af bøjelighed af kablet. Laget af plastmateriale, som ekstruderes under strukturdannelsen (f. eks. ekstruderet mellem to papirlag i bevægelse) har ringe mekaniske egenskaber. Den eventuelle anvendelse af et bindemiddel til at koble plastbånd til papir ville skade de elektriske egenskaber, som undergår en betydelig forringelse ved tilstedeværelse af mangelfulde materialer inden i isolationen.

De elektriske egenskaber ved cellulosepapir bl.a. også tangensdeltaværdien og den relative dielektricitetskonstantværdi ϵ_r kan forbedres betydeligt ved tilsætning af syre og/eller mineralske salte, som er i stand til at reducere den totale elektriske valens af materialet (nemlig dipolantallet) ved dannelse af ionforbindelser.

Disse behandlede papirer fås f.eks. ved at dyppe papirbåndene i bade af passende stoffer, såsom borsyre og/eller dets salte, og ved derpå at tørre dem og kan udvise tangensdeltaværdier af størrelsesordenen 0,4-0,5 promille og ϵ_r værdier af størrelsesordenen 1,8-2,0. Disse forbedringer i de elektriske egenskaber opnås imidlertid som følge af et saltindhold, der gør dette papir alt for skørt (i tør tilstand) og derfor uegnet til anvendelse som isolation i stærkstrømskabler. Selv med ikke helt små tykkelser (f.eks. på 200 mikrometer) er der i virkeligheden en stor risiko for papirbrud allerede under vikleoperationerne.

Det er dog frem for alt i det færdige kabel, at dette papir som følge af sin skørhed ikke kan anvendes på grund af den mulige risiko for brud, folder og andre sammenfaldsfænomener under optagning eller

udlægning af selve kablet.

Til trods for en teoretisk og ofte anbefalet mulighed for anvendelse også i elektriske kabler er disse typer af cellulosepapir, som indeholder additiver, derfor i virkeligheden kun anvendelige til statiske systemer eller til systemer, såsom transformatorer, kondensatorer eller lignende, som er underkastet meget reducerede spændingspåvirkninger.

Fra US patent nr. 3.775.549 kendes et sammensat bånd til dannelse af en lagdelt isolation i oliefyldte kabler, hvilket bånd består af mindst et lag af en biaksialt orienteret polymer, der er forbundet med et lag af cellulosepapir ved hjælp af et copolymerlag. Det fremgår af dette US patentskrift, at det anvendte isolerende papir skal være så tyndt som muligt, da fordelene ved at anvende en biaksialt orienteret film ellers reduceres. I henhold til eksempler på sammensatte bånd omtalt i dette US patentskrift har den biaksialt orienterede polymerfilm beklædt med copolymerlaget, som tilsammen danner båndets plastdel, en tykkelse, der er større end 30% af det sammensatte båndes tykkelse.

I GB patentskrift nr. 2.002.684 er beskrevet et sammensat bånd, hvis tykkelse ligger fra 100 til 250 μm , og som indbefatter en tværbundet silikonefyldt polyethylenfilm, som ikke er en biaksialt orienteret polymerfilm, og hvis tykkelse ligger fra 40 til 120 μm , og et cellulosepapirlag. Dette betyder, at plastandelen af det sammensatte bånd ligger fra 40 til 48% af den samlede tykkelse af det sammensatte bånd.

SE patentskrift nr. 368.294 beskriver et sammensat bånd indbefattende en smeltet polypropylenfilm, der således ikke kan være biaksialt orienteret, eftersom smeltning er en operation, der er ødelæggende for enhver orientering i en polymer, og et cellulosepapirlag. Der er ikke angivet værdier for tykkelserne af båndet og dets bestanddele.

Endelig beskriver US patentskrift nr. 4.325.848 tilstedeværelsen af bor i et bånd, der alene består af cellulosemateriale, for at forbedre de elektriske egenskaber, men de mekaniske egenskaber, såsom skørhed, af et sådant bånd er ikke omtalt.

Formålet med den foreliggende opfindelse er at tilvejebringe et kabel, som er forsynet med et imprægneret papirisolationslag uden den skørhed, som sådant papir normalt har, og med et lag af biaksialt orienteret polymerfilm uden den kvældning, som normalt

optræder i forbindelse dermed.

Opfindelsen angår således et kabel af den indledningsvis angivne art, og som er ejendommeligt ved, at cellulosepapirlaget har et indhold af mineralske stoffer udvalgt blandt gruppen af borsyre, borater og silikater i et område fra ca. 0,1 til 3% baseret på vægten af papiret, og at tykkelsen af plastlagene ligger mellem 10 og 30% af den samlede tykkelse af det sammensatte bånd.

Løsningen ifølge den foreliggende opfindelse består således i at have et sådant imprægneret papirlag i forbindelse med en biaksialt orienteret polymerfilm med lille tykkelse således som defineret ovenfor. Denne tekniske løsning baserer sig på, at skørhedsproblemerne ved papiret bliver forøget ved kvældningen af polymerlaget i forbindelse dermed, og på at en mindre tykkelse af polymerlaget vil nedsætte skørhedsproblemerne ved papiret på grund af den mindre kvældning. Resultatet er, at kablet ifølge den foreliggende opfindelse både har papirlagets gode elektriske egenskaber og plastfilmens gode mekaniske egenskaber uden at lide af de ulemper, der normalt er knyttet til de nævnte lag, nemlig cellulosepapirets skørhed og plastmaterialets kvældning.

Opfindelsen skal herefter forklares nærmere under henvisning til tegningen, hvor

- fig. 1 viser et partielt tværsnit i en udførelsesform for et sammensat bånd ifølge opfindelsen,
- fig. 2 et partielt tværsnit i en alternativ udførelsesform for et sammensat bånd ifølge opfindelsen,
- fig. 3 et forstørret delsnit i en yderligere alternativ udførelsesform for det sammensatte bånd ifølge opfindelsen og
- fig. 4 et oliefyldt kabel, hvis isolation er fremstillet af båndet ifølge opfindelsen.

Fig. 1 viser i tværsnit strukturen af et sammensat bånd ifølge opfindelsen. Båndet er i sin helhed betegnet med 1 og er dannet af to papirlag 2,4, mellem hvilke der er indlagt og forbundet et bånd eller en film 3 af polymer plastmateriale med gode generelle elektriske egenskaber. Papirlagene 2 og 4 har fortrinsvis samme tykkelse og er fremstillet af et additivbehandlet papir fremstillet f.eks. ved neddykning i en opløsning af borsyre eller magnesiumborat eller andre salte og ved en efterfølgende tørring. Indholdet efter vægt af additivet, som således indføres i papiret, ligger mellem 0,1 og 3%

og fortrinsvis mellem 0,5 og 1% af papirvægten.

Tykkelsen af plastfilmen i forhold til den samlede båndtykkelse ligger mellem 10 og 30% og fortrinsvis mellem 15 og 25%. Den samlede båndtykkelse kan variere alt efter behovene. Den ligger imidlertid
 5 fortrinsvis mellem 50 og 200 mikron, hvilke værdier svarer til dem, der normalt anvendes. I et bånd fremstillet i henhold til strukturen vist i fig. 1 og med en samlet tykkelse på 110 mikron kan filmen af plastmateriale f.eks. have en tykkelse på 20 mikron og hvert af de
 10 to papirlag en tykkelse på ca. 45 mikron, hvilket svarer til et 18% forhold mellem plastmateriale og den samlede båndtykkelse.

I udførelsesformen vist i fig. 2 er det sammensatte bånd 11 i stedet dannet af kun et lag af additivbehandlet papir 12 bundet til en film af plastmateriale 13. Ved opbygning af et bånd med en tykkelse på 100 mikron forbliver tykkelsen af plastmaterialet på 20
 15 mikron, medens tykkelsen af papirlaget bliver på 90 mikron. Polyolefiner er de polymere plastmaterialer, som er mest egnet til plastlaget som følge af deres gode elektriske egenskaber (de er ikke polære og har en god dielektricitetsstyrke), termiske egenskaber (tilstrækkeligt høj blødgøringsstemperatur) og mekaniske egenskaber.

20 Et særlig egnet plastmateriale har vist sig at være polypropylen. Et andet materiale, som giver gode resultater, er polymethyl-penten, som smelter ved en højere temperatur end polypropylen og derfor frembyder en yderligere fordel under forsyning af kablet med en kappe af aluminium.

25 Fig. 3 viser i tværsnit strukturen af en yderligere udførelsesform for det sammensatte bånd 21 ifølge opfindelsen. Det omfatter et lag af additivbehandlet papir 22, der er bundet til et bånd eller en film 23 af biorienteret polypropylen, hvis molekyler er blevet orienteret ved strækning langs to på hinanden vinkelrette retninger.
 30 Papiret kan være behandlet med additiv som i de foregående eksempler eller med andre salte, som f.eks. silikater, hvis indhold alligevel ligger i de ovenfor angivne områder.

Sammenkoblingen af de to lag fås ved hjælp af et tyndt lag eller et overtræk 25 af propylen-ethylencopolymer, som påføres f.eks. ved ekstrudering på båndet af biorienteret polypropylen. Dette
 35 overflademikrolag af polypropylencopolymer har en tykkelse af størrelsesordenen nogle få mikron, f.eks. 2 mikron, og er særligt egnet til opnåelse af den termiske binding mellem polypropylen og papir. Fortrinsvis er dets propylenindhold højere end 80% efter

vægt. I virkeligheden adhærer materialet, som danner mikrolaget, ved affinitet til polypropylen, og ved at udnytte det forhold, at blødgøringstemperaturen for copolymeren er lavere end for polypropylen, kan der opnås en stabil kobling mellem papiret 22 og båndet 23 uden smeltning af sidstnævnte. Med andre ord udføres den laminerede struktur ved en lavere temperatur end smeltetemperaturen for polypropylen, som derfor bibeholder alle sine egenskaber med hensyn til mekanisk modstandsdygtighed.

Det skal specielt bemærkes, at den biorienterede struktur af polypropylen ikke ændres, så at den har en større modstandsdygtighed mod kvældning i kontakt med imprægneringsmidlet og bibringer det sammensatte bånd en mekanisk modstandsdygtighed.

Stadig ifølge opfindelsen kan det sammensatte bånd tydeligvis opbygges med biorienteret polypropylen beklædt på begge sider med en polypropylencopolymer for således at opnå et sammensat bånd, der har papirlag på begge sider analogt med udførelsesformen vist i fig. 1.

Det er naturligvis muligt at anvende andre biorienterede plastmaterialer og/eller andre copolymerer for at opnå den termiske binding.

Fig. 4 viser et kabel 5, som fører energi ved ca. 700 kV, og som omfatter en leder 6 dannet af et antal kilestenformede tråde eller bånd 7, som danner en indre kanal 8 for olien, og af en isolation 10, der er viklet omkring lederen. Mellem lederen 6 og isolationen 10 findes der en halvledende skærm 9, og en ydre halvledende skærm 11 er anbragt mellem isolationen 10 og den beskyttende metalkappe 15 for kablet.

Ifølge opfindelsen tilvejebringes i det mindste en del af isolationen 10 i det viste oliefyldte kabel ved vikling af sammensatte bånd af den ovenfor angivne type. Hvis kun en del af isolationen 10 er opbygget ved anvendelse af det viste sammensatte bånd, er denne del fortrinsvis den inderste, nemlig delen nærmest lederen. Den følgende tabel viser en sammenligning mellem de mekaniske egenskaber ved en lamineret struktur ifølge opfindelsen dannet af et lag på 20 mikron af polypropylen beklædt kun på den ene side med papir, som indeholder borater, og de mekaniske egenskaber ved et sædvanligt laminat med en tykkelse af polypropylen på 52 mikron indlagt mellem to papirlag.

I begge laminater er den samlede tykkelse 125 mikron.

		Trækstyrke (N/mm ²)		Endelig forlængelse %	
		På langs	På Tværs	På Langs	På Tværs
5	Papir-polypropylen- papirlaminat	48	24	2	5
10	Bånd ifølge opfindel- sen	105	50	4	12

Opfindelsen tilfredsstiller de foreslåede ønskemål.

Det sammensatte bånd ifølge opfindelsen har nemlig lave tangens
 15 δ og ε_r værdier, som specielt er lavere end værdierne for de sæd-
 vanlige papir-polypropylenpapirstrukturer.

Endvidere minimerer den reducerede tykkelse af plastmaterialet
 og dets biorientering kvældningen forårsaget af imprægneringsolien,
 når det sammensatte bånd anvendes til at isolere et kabel, hvilket
 20 kabel yderligere forsynes med den krævede bøjelighed, da plastma-
 terialet forefindes i en reduceret mængde.

Endvidere har båndet meget gode egenskaber i henseende til
 mekanisk modstandsdygtighed, hvilket viser sig fordelagtigt både
 under lederbeviklingen og i de efterfølgende operationer, som kablet
 25 udsættes for. F.eks. har det sammensatte bånd specielt meget gode
 egenskaber med hensyn til modstandsdygtighed mod rivning på grund af
 filmen af biorienteret polypropylen, som ikke er blevet underkastet
 ændringer under sammenkoblingen, da blødgøringen kun har drejet sig
 om mikrolaget af copolymer.

I et sammensat bånd ifølge opfindelsen er der ikke yderligere
 30 begrænsninger med hensyn til papirdensiteten, som kan have værdier i
 nærheden af én, medens papiret i papir-polypropylenpapirlaminater
 fortrinsvis er af lavdensitetstypen.

P a t e n t k r a v .

1. Højspændingskabel (5) omfattende en leder (6) og en lagdelt isolation (10), der er imprægneret med en isolerende olie eller med en forbindelse, hvilken lagdelte isolation omfatter mindst et sammensat bånd (21), hvis tykkelse ligger fra 50 til 200 μm , og som udgøres af mindst et lag (22) af cellulosepapir, der er bundet til et lag (23) af et biaksialt orienteret polymert plastmateriale ved hjælp af et lag (25) af et copolymeret plastmateriale, som har en blødgøringsstemperatur, der er lavere end blødgøringsstemperaturen for det biaksialt orienterede polymere materiale, k e n d e t e g n e t ved, at cellulosepapirlaget (22) har et indhold af mineralske stoffer udvalgt blandt gruppen bestående af borsyre, borater og silikater i et område fra ca. 0,1 til 3% baseret på vægten af papiret, og at tykkelsen af plastlagene ligger mellem 10 og 30% af den samlede tykkelse af det sammensatte bånd (21).

2. Kabel ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at indholdet af mineralske stoffer ligger mellem 0,5 og 1% efter vægt af papiret (22), og at tykkelsen af plastmaterialet (23) ligger mellem 15 og 25% af båndets (21) samlede tykkelse.

3. Kabel ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at plastmaterialet (23) er en polyolefin.

4. Kabel ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at plastmaterialet (23) er polypropylen.

5. Kabel ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at plastmaterialet (23) er polymethyl-penten.

6. Kabel ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at det copolymerede materiale er en propylen-ethylencopolymer, og at det tynde lag (25) har en tykkelse af størrelsesordenen 2 μm .

30

35

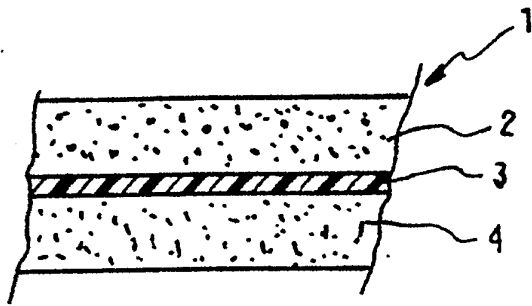


FIG. 1

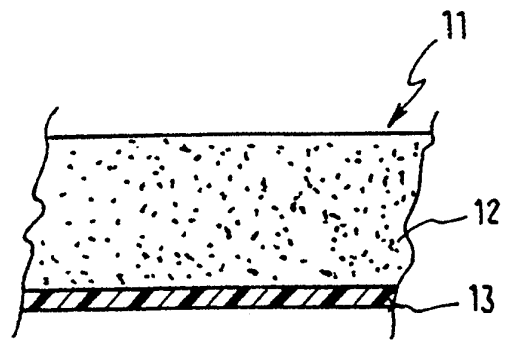


FIG. 2

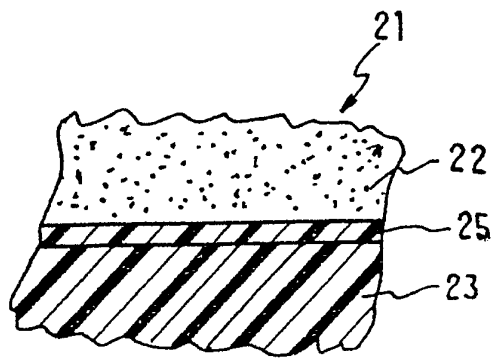


FIG. 3

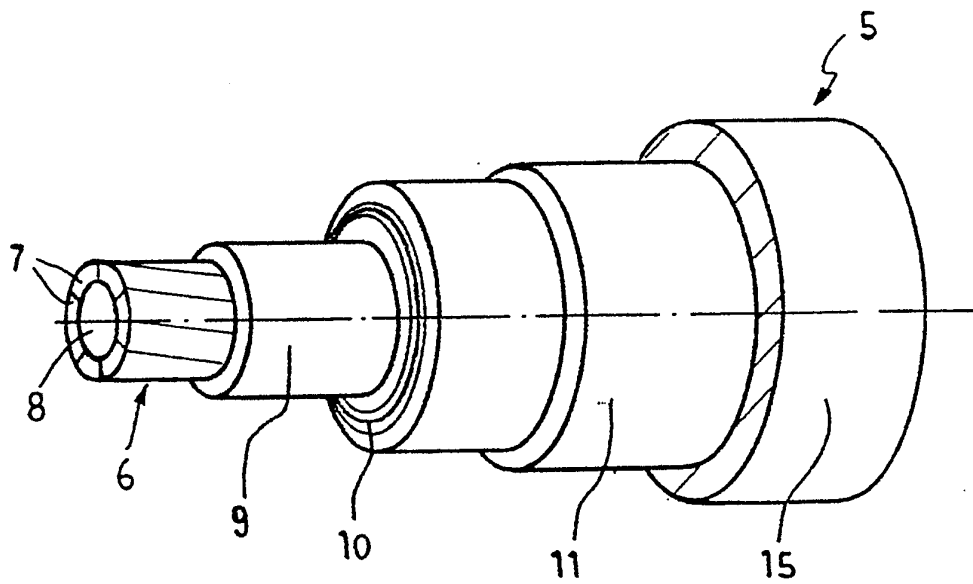


FIG. 4