



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101997900574022
Data Deposito	10/02/1997
Data Pubblicazione	10/08/1998

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	B		

Titolo

CAVO RESISTENTE ALL'UMIDITA'

Descrizione dell'invenzione dal titolo "Cavo resistente all'umidità"

a nome PIRELLI CAVI S.p.A.

10 FEB. 1997

* * * * *

5 La presente invenzione si riferisce ad un rivestimento per cavi in grado di limitare l'assorbimento di umidità da parte del cavo stesso.

I cavi, in particolare quelli per telecomunicazione a fibre ottiche, presentano l'inconveniente del possibile
10 ingresso di acqua, sia in forma liquida (ad es. acqua freatica per cavi interrati o acqua marina per cavi sottomarini) sia sotto forma di vapore (ad es. umidità atmosferica), a causa di discontinuità dovute a guasti o a
giunzioni difettose del rivestimento esterno e, in
15 particolare nel caso di cavi privi di guaine metalliche esterne, a causa della non impermeabilità del rivestimento esterno del cavo.

In particolare, le fibre ottiche poste all'interno di tali cavi possono venire danneggiate dall'esercizio in
20 condizioni di elevata umidità relativa (qui di seguito "UR"), ad esempio per valori di UR superiori all'80%. Il problema principale che deriva dal contatto delle fibre ottiche con l'acqua è rappresentato dalla cosiddetta
"delaminazione", cioè un possibile distacco tra i vari
25 strati che compongono il rivestimento della fibre di vetro.

Questi strati, che in generale sono composizioni polimeriche a base di acrilati o uretano-acrilati, vengono normalmente identificati, partendo da quello a contatto con il vetro, come rivestimento primario (primary coating),
5 rivestimento secondario (secondary coating), colore (ink) e, nel caso di più fibre ottiche riunite a formare un nastro ("ribbon"), rivestimento comune (common coating). I fenomeni tipici di delaminazione sono quelli che si verificano tra il vetro ed il rivestimento primario della
10 fibra, tra il colore ed il rivestimento secondario, e tra il rivestimento comune ed il colore.

Tali delaminazioni possono da un lato provocare attenuazioni nella trasmissione del segnale, dall'altro diminuire le proprietà di resistenza meccanica della fibre.

15 I problemi suddetti sono di particolare rilevanza per i cavi non ermetici, privi cioè di guaine esterne metalliche saldate o estruse, ed in particolare per i cavi cosiddetti "tutti dielettrici", aventi cioè una protezione esterna costituita solo da un rivestimento polimerico.

20 Esistono vari documenti che contemplano la possibilità di inserire all'interno del cavo particolari composti o materiali in grado di assorbire l'acqua penetrata accidentalmente nel cavo.

Ad esempio la domanda di Brevetto Internazionale
25 WO-A-88/10000 descrive l'uso di una sostanza sintetica

M

dilatabile pulverulenta in cui la rapidità del rigonfiamento dovuto all'assorbimento di acqua viene raggiunta riducendo la dimensione delle particelle della sostanza rigonfiabile.

5 La Domanda di Brevetto Europeo EP 714042 descrive un tamponante contenente polveri polimeriche rigonfianti assorbenti l'umidità.

Il brevetto GB 2165368 descrive una soluzione per impedire l'ingresso di umidità in un cavo a fibre ottiche
10 che consiste nel riempire gli interstizi di tale cavo con un composto tamponante contenente un materiale essiccante, in particolare una zeolite.

Tali documenti riguardano quindi soluzioni che contemplano un assorbimento di acqua all'interno del cavo,
15 senza preoccuparsi della permeabilità del rivestimento esterno. In generale, per garantire un assorbimento di acqua soddisfacente in assenza di un rivestimento metallico ermetico, è necessario impiegare quantità considerevoli di materiale assorbente, con conseguenti problemi di
20 lavorazione. La richiedente ha inoltre osservato che in presenza di elevate quantità di acqua assorbita all'interno del cavo, si può verificare, a seguito di cicli termici, un possibile rilascio di vapore.

La richiedente ha osservato che un elevato valore di UR
25 all'interno del cavo, dovuto sia a penetrazione diretta di

acqua sia a rilascio di vapore d'acqua da parte del
materiale assorbente a seguito di cicli termici, può
produrre i suddetti fenomeni di delaminazione, e che tale
valore di UR può essere vantaggiosamente limitato mediante
5 una particolare scelta delle caratteristiche del
rivestimento esterno del cavo.

È stato ora trovato che, addizionando al rivestimento
del cavo una quantità prefissata di zeoliti, è possibile
limitare l'ingresso di acqua all'interno del cavo, per un
10 periodo di tempo sufficientemente lungo. Inoltre, la
presenza di tale quantità prefissata di zeoliti nel
rivestimento del cavo permette di mantenere un basso valore
di UR nella zona più interna del cavo, particolarmente
nella zona in cui sono alloggiare le fibre ottiche.

15 Un aspetto della presente invenzione riguarda pertanto
un cavo caratterizzato dal fatto di avere almeno uno strato
di rivestimento polimerico comprendente una quantità
prefissata di zeolite tale da limitare l'aumento di umidità
relativa (UR) all'interno del cavo stesso. Nella presente
20 descrizione, l'espressione "limitare l'aumento di UR" si
riferisce al fatto che un rivestimento polimerico
contenente zeolite secondo l'invenzione, quando la sua
superficie esterna sia posta in presenza di valori di UR
dell'85-95%, è in grado di mantenere nell'ambiente in
25 contatto con la sua superficie interna valori di UR

pl

inferiori al 70% per almeno 2500 ore o per un periodo di tempo circa doppio rispetto ad un analogo rivestimento costituito dal solo polimero.

Un ulteriore aspetto della presente invenzione riguarda un cavo con uno strato di rivestimento polimerico comprendente una quantità prefissata di zeolite, caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre almeno uno strato di rivestimento polimerico esente da zeolite, il quale è posto in posizione radialmente più esterna rispetto al rivestimento contenente zeolite.

Forma inoltre parte della presente invenzione un metodo per limitare l'assorbimento di acqua da parte di un cavo caratterizzato dal fatto che ad almeno uno strato di rivestimento di tale cavo si aggiunge una quantità prefissata di zeolite.

Un'applicazione preferita della presente invenzione riguarda l'impiego dei suddetti rivestimenti in cavi a fibre ottiche di tipo non ermetico, privi cioè di guaine esterne metalliche saldate o estruse, ed in particolare per i cavi a fibre ottiche cosiddetti "dielettrici", aventi cioè una protezione esterna costituita solo da un rivestimento polimerico.

Le figure 1, 2 e 3 mostrano alcuni esempi di realizzazione di cavi a fibra ottica secondo l'invenzione, per i quali un rivestimento secondo la presenta invenzione

M

può risultare particolarmente vantaggioso.

La fig. 1 mostra una vista in sezione di un cavo a fibra ottica composto da una guaina esterna di materiale polimerico (1), un certo numero di tubetti (2), anch'essi di materiale polimerico, all'interno dei quali sono alloggiati le fibre ottiche (3), normalmente immerse in un materiale tamponante (4) che ha lo scopo di impedire la propagazione longitudinale di acqua in caso di rottura accidentale; i tubetti contenenti le fibre ottiche sono cordati attorno ad un supporto centrale (5) normalmente di vetroresina, atto a limitare le contrazioni termiche del cavo (la cordatura può essere di tipo continuo oppure alternata, comunemente detta S-Z). Facoltativamente, tra la guaina esterna (1) e i tubetti (2) viene inserito un materiale tamponante interstiziale (6), in grado di penetrare negli interstizi tubetti-rivestimento, tubetto-tubetto e tubetti-supporto, allo scopo di limitare la propagazione longitudinale di acqua all'interno del cavo.

La fig. 2 mostra una vista in sezione di un cavo simile a quello descritto nella figura 1, con la differenza che all'interno del rivestimento (1) è presente uno strato rinforzo a trazione (7) (ad esempio una fibra di vetro o filato poliaramidico, quale il prodotto commercialmente noto come Kevlar®); inoltre, i tubetti (2) contenenti le fibre ottiche sono circondati da una guaina in materiale

polimerico (1a) in uno o più strati. Inoltre, secondo la forma di realizzazione di figura 2, il supporto centrale (5) comprende un nucleo (5a), ad esempio in vetroresina o materiali simili, atto a limitare le contrazioni termiche del cavo, ed un rivestimento (5b), ad esempio in materiale polimerico, tale da portare il diametro del nucleo ad un valore adatto ad accogliere il desiderato numero di tubetti cordati attorno ad esso.

La fig. 3 mostra una vista in prospettiva di un cavo secondo l'invenzione nel quale le fibre ottiche (2) si trovano all'interno degli alloggiamenti di un nucleo centrale scanalato (2) in materiale polimerico, eventualmente a contatto con un adatto tamponante (4); facoltativamente, il nucleo scanalato contiene un supporto centrale di vetro resina (5). Il nucleo scanalato è quindi circondato con una serie di guaine (1, 1a), e da uno strato rinforzo (7), secondo quanto descritto in precedenza; facoltativamente, la struttura del cavo comprende inoltre un nastro (8a) con scopi di contenimento e/o protezione delle fibre e un nastro igroespandibile (8b) (ad esempio nastro di poliestere o poliammide caricati con materiale igroespandente, come ad esempio poliacrilato di sodio) allo scopo di limitare la propagazione longitudinale di acqua all'interno del cavo.

M

Tali figure mostrano ovviamente solo alcune delle possibili realizzazioni di cavi a fibra ottica nei quali la presente invenzione risulta vantaggiosamente impiegabile. È evidente che a tali realizzazioni possono essere apportate opportune modifiche note nell'arte, senza che ciò possa implicare limitazioni all'applicazione della presente invenzione. Ad esempio, in alternativa o in aggiunta al tamponante interstiziale (6) si può avvolgere attorno ai tubetti (2) un nastro igroespandibile (del tipo descritto in precedenza) adatto al medesimo scopo di limitare la propagazione longitudinale di acqua all'interno del cavo. Ulteriori soluzioni sono bene a conoscenza del tecnico del ramo, il quale è in grado di valutare la soluzione più conveniente, in funzione, ad esempio, dei costi, del tipo di posa del cavo (aereo, inserito in condotti, interrato direttamente nel suolo, all'interno di edifici, sottomarino etc.), della temperatura di esercizio del cavo (temperature massime e minime, escursioni termiche dell'ambiente) e così via.

Nella presente descrizione, con il termine "zeolite" si intendono indicare composti silico-alluminati metallici, sia di origine naturale che sintetica, essendo i composti di sintesi noti anche con il termine di "setacci molecolari". Tali composti sono in generale formati da ossidi misti di silicio (cioè silice, SiO_2), alluminio (cioè

M

allumina, Al_2O_3) e metalli, in particolare metalli alcalini o alcalino-terrosi, come litio, sodio, potassio, magnesio, calcio, stronzio e bario. Tali composti vengono normalmente indicati, nella loro forma idrata, mediante la seguente

5 formula generale: $M_{2/m}O \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$, dove M rappresenta un catione metallico ed m la sua valenza, mentre x ed y sono coefficienti stechiometrici che variano in funzione del particolare tipo di composto; valori indicativi dei parametri x e y, sono $1,35 < x < 9$ e $0 < y < 6$. In alternativa,

10 tali composti si possono anche identificare in termini cristallografici con la seguente formula generale della cella elementare: $M_{n/m}[(AlO_2)_n(SiO_2)_w] \cdot y'H_2O$

dove M ed m sono definiti come sopra mentre n, w e y' variano considerevolmente in funzione della composizione

15 della cella unitaria e delle sue dimensioni; ad esempio, per zeoliti di sintesi disponibili commercialmente, si può avere:

$$n=w=12, y'=27.$$

Una descrizione delle zeoliti di origine naturale è

20 riportata in "Encyclopedia of Chemical Technology", Kirk-Othmer, Interscience Ed. (N.Y.), 1954 (Vol. 12).

Alcuni tipi di setacci molecolari ed i procedimenti per la loro preparazione sono descritti in numerose pubblicazioni e brevetti, tra cui US 2,882,243,

25 US 2,882,244, US 3,130,006 e US 3,130,007.

Secondo la presente invenzione, le succitate zeoliti sono favorevolmente impiegabili come additivo essiccante del rivestimento del cavo. Tali composti, per esplicare la loro funzione essiccante, vengono impiegati nella loro

5 corrispondente forma anidra. In particolare, poichè presentano dimensioni delle particelle minori e più uniformi, si preferisce impiegare zeoliti di origine sintetica, nelle quali i metalli alcalini o alcalino-

10 terrosi formanti i rispettivi ossidi sono preferibilmente scelti tra sodio, potassio, calcio e loro miscele. Esempi indicativi di tali zeoliti di origine sintetica sono identificati mediante le seguenti formule della cella elementare: a) $\text{Na}_{12}[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}]$, b) $\text{K}_{12}[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}]$, c) $\text{Ca}_6[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}]$.

15 La zeolite viene addizionata alla matrice polimerica di base del rivestimento preferibilmente in forma di polvere; le particelle di zeolite hanno normalmente una granulometria compresa fra 0.01 e 100 μm , preferibilmente tra 0.1 e 5 μm . La porosità media di tali particelle è

20 preferibilmente inferiore a 6 Ångstrom, essendo particolarmente preferite particelle con porosità media compresa fra circa 3 e 4 Ångstrom.

La concentrazione di zeolite può variare dal 30% al 70% in peso del rivestimento, preferibilmente tra 35% e 60%,

M

essendo particolarmente preferita una quantità in peso di circa il 50%.

Esempi di zeoliti disponibili in commercio favorevolmente impiegabili allo scopo sono "Molecular Sieve Type 3A" o "Type 4A" (UOP, Union Carbide), "drying agent 20857-4" o "20859-0" (Aldrich).

La matrice polimerica del rivestimento è formata da un polimero, un copolimero od una miscela polimerica, scelti tra quelli generalmente impiegati nell'arte come, ad esempio, poliolefine, copolimeri di poliolefine, copolimeri olefine/esteri, poliesteri, polieteri, copolimeri polietere/poliestere e loro miscele. Esempi di tali polimeri sono polietilene (PE), in particolare PE a bassa densità (LDPE), PE a media densità (MDPE), PE ad alta densità (HDPE) e PE lineare a bassa densità (LLDPE); polipropilene (PP); gomme etilene-propilene (EPR), in particolare copolimero etilene-propilene (EPM) o terpolimero etilene-propilene-diene (EPDM); gomma naturale; gomma butilica; copolimero etilene/vinil acetato (EVA); copolimeri etilene/acrilato, in particolare etilene/metil acrilato (EMA), etilene/etil acrilato (EEA), etilene/butil acrilato (EBA); copolimero etilene/ α -olefina; polimeri alogenati, in particolare polivinilcloruro (PVC); poliuretano (PUR); poliammidi; poliesteri aromatici, come polietilentereftalato (PET) o polibutilentereftalato (PBT);

M

e loro copolimeri o miscele meccaniche. Sono preferite matrici polimeriche con mescole a base di PE, EVA o PP. Particolarmente preferite sono mescole a base di PP e di PE, in particolare MDPE. Esempi specifici di tali matrici polimeriche sono: PP; MDPE; LDPE; LLDPE; copolimero PE (ad esempio MDPE) con EVA, in particolare copolimeri 50%-50%; mescola a base di EPR con copolimero PE/EVA. In particolare, con riferimento alle figure, si preferisce impiegare mescole a base di PBT, HDPE o PP per i tubetti (2); MDPE, PUR o PP per la guaina interna (1a); EPR, LDPE o MDPE per la guaina esterna (1).

La composizione polimerica del rivestimento può inoltre contenere altri additivi convenzionali noti nell'arte, come per esempio agenti antiossidanti, reticolanti, rinforzanti, agenti accoppianti, cariche minerali, agenti antistatici, tensioattivi, stabilizzatori UV, pigmenti, agenti distaccanti, plastificanti, lubrificanti, modificatori di viscosità, olii per diluizione polimeri ("extender oils"), inibitori di degradazione ("metal deactivators"), agenti ignifuganti e ritardanti di fiamma.

Ad esempio, adatti agenti antiossidanti comunemente impiegati nell'arte sono poliammine aromatiche, fenoli stericamente impediti, fosfiti e fosfoniti. Esempi di tali antiossidanti sono 2,2,4-trimetil-1,2-diidrochinolina polimerizzata, tetrakis metilen(3,5-di-terbutil-4-idrossi-

M

idrocinnamato)metano, bis(3,5-di-terbutil-4-idrossi)-
idrocinnamato), n-ottadecil-3(3',5'-di-t-butil-4-idrossi-
fenil)propionato e tris(2,4-di-terbutilfenil)fosfito.

Esempi di adatti sistemi reticolanti sono quelli del
5 tipo a perossidi o a silani. Inoltre, è possibile impiegare
un sistema reticolante a base di silani, con perossidi che
fungono da agenti di inserimento (aggraffanti) dei silani
sul polimero di base. Esempi di perossidi che possono
venire convenientemente impiegati, sia come agenti
10 reticolanti che come aggraffanti dei silani, sono
di(terbutilperossipropil-(2))-benzene, bis-(terbutil-
perossi) diisopropil benzene, dicumilperossido,
diterbutilperossido, benzoilperossido, terbutilcumil-
perossido, 1,1-di(ter-butilperossi)-3,3,5-trimetil-
15 cicloesano, 2,5-bis(terbutilperossi)-2,5-dimetilesano,
terbutilperossi-3,5,5-trimetilesanoato, etil 3,3-
di(terbutilperossi)butirrato. Esempi di silani che possono
venire convenientemente impiegati sono i (C₁-C₄)alchilossi
silani, ed in particolare i (C₁-C₄)alchilossi silani
20 vinilici; composti adatti allo scopo sono, ad esempio,
γ-metacrilossi-propiltrimetossi silano, metiltrietossi
silano, metiltris-(2-metossietossi) silano, dimetildietossi
silano, ottiltrietossi silano, isobutil-trietossi silano,
isobutiltrimetossi silano, viniltrimetossisilano,

M

viniltrietossisilano, vinildimetossietossisilano,
viniltris-(2-metossietossi) silano, e loro miscele.

Tali sistemi reticolanti comprendono inoltre un catalizzatore di reticolazione, che viene scelto tra quelli
5 noti nell'arte; ad esempio, nel caso di reticolazione con silani, si può convenientemente impiegare dibutil dilaurato di stagno.

Con riferimento ai disegni, una miscela polimerica secondo l'invenzione può, ad esempio, essere impiegata come
10 rivestimento in uno o più tra i seguenti elementi costitutivi del cavo: la guaina esterna (1), i tubetti (2) contenenti le fibre ottiche e la guaina interna (1a).

Un rivestimento secondo l'invenzione, la cui faccia esterna si trova in presenza di vapor d'acqua, permette di
15 raggiungere, nell'ambiente in contatto con la faccia interna, i medesimi valori di UR misurati per un rivestimento identico ma privo di zeoliti, in tempi decisamente più lunghi. Ad esempio, secondo una prova basata sulla norma ASTM E96, modificata come descritto
20 nell'articolo di P. Anelli et al., "Water getting flood compound for dielectric cables", IWCS (International Wire and Cable Symposium) proceedings, 1995, pp. 756-761, un provino di rivestimento a base di MDPE caricato al 50% con zeolite impiega oltre 50 volte il tempo impiegato da un

rivestimento a base di MDPE non caricato per raggiungere un valore di umidità relativa del 30%.

È stato inoltre osservato che risulta particolarmente vantaggioso accoppiare due strati di rivestimento, dei quali uno solo è addizionato con zeoliti secondo la presente invenzione.

In particolare, si è osservato che è possibile rallentare ulteriormente l'aumento di UR all'interno del cavo quando il rivestimento di tale cavo è formato da un doppio strato dove lo strato esterno (cioè a contatto con l'acqua) è esente da zeoliti mentre lo strato più interno contiene zeoliti. Secondo una tale realizzazione, è pertanto possibile mantenere l'UR all'interno del cavo a valori bassi per periodi di tempo ancora maggiori rispetto a quanto ottenibile con un singolo strato contenente zeolite.

Secondo un aspetto preferito dell'invenzione, entrambi gli strati sono formati dalla stessa matrice polimerica. La presenza dello strato polimerico esente da zeolite accoppiato allo strato polimerico contenente zeolite, permette inoltre di avere migliori proprietà di resistenza meccanica rispetto ad un rivestimento di identico spessore formato da un unico strato contenente zeoliti.

Pertanto, un ulteriore aspetto della presente invenzione consiste in un cavo con uno strato di

M

rivestimento polimerico comprendente una quantità prefissata di zeolite, caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre almeno uno strato di rivestimento polimerico esente da zeolite, il quale è posto in posizione radialmente più esterna rispetto al rivestimento contenente zeolite, essendo preferibilmente la matrice polimerica dei due strati sostanzialmente la stessa. Le quantità e la tipologia della zeolite sono come definite in precedenza.

Come in precedenza, anche questo rivestimento con doppio strato può essere impiegato come materiale per i vari componenti di un cavo a fibra ottica, ad esempio per la guaina esterna (1), i tubetti (2) contenenti le fibre ottiche e/o la guaina interna (1a).

Oltre all'accoppiamento diretto di due strati polimerici, dei quali uno con e l'altro senza zeoliti, sono ugualmente realizzabili soluzioni combinate di singoli rivestimenti esenti da e contenenti zeolite. Ad esempio, può risultare vantaggioso accoppiare una guaina esterna (1) esente da zeoliti con una guaina interna (1a) e/o i tubetti (2) contenenti zeolite.

Inoltre, è anche possibile combinare, nei suddetti componenti (1), (1a) e (2) del cavo, più rivestimenti con doppio strato, così come uno o più rivestimenti monostrato con uno o più rivestimenti bi-strato. Ad esempio, si può convenientemente accoppiare una guaina esterna (1), formata

da un rivestimento bi-strato, con una guaina interna (1a), formata da un rivestimento monostrato contenente zeolite oppure da un rivestimento bi-strato.

Tipicamente, la mescola per ottenere un rivestimento
5 secondo l'invenzione viene preparata miscelando i componenti polimerici sopracitati con la zeolite, ed eventualmente con altri additivi facoltativi menzionati in precedenza, ad esempio in un mescolatore interno di tipo Bambury o in altri mescolatori di tipo continuo come Ko-
10 Kneader (Buss) o bivate. Tipicamente, la mescola così ottenuta viene granulata ed essiccata.

Quando si desidera ottenere un prodotto reticolato, i granuli della suddetta mescola vengono mescolati con l'adatto sistema reticolante, ad esempio in un mescolatore
15 continuo. Il catalizzatore di reticolazione viene preferibilmente aggiunto successivamente, durante la fase di preparazione del cavo.

Durante la preparazione della mescola di base, oltre alle normali precauzioni da seguire (ad esempio, evitare la
20 cosiddetta "scottatura" della mescola a seguito di lavorazioni a temperature troppo elevate) è opportuno mantenere l'ambiente di lavorazione (e di stoccaggio) della mescola il più possibile anidro, per evitare che la zeolite possa assorbire, anche solo parzialmente, l'umidità
25 dell'ambiente.

La mescola polimerica così ottenuta può quindi essere impiegata, come descritto in precedenza, come rivestimento di cavi, in particolare di cavi a fibra ottica "tutti dielettrici". Con riferimento specifico ai disegni, la
5 mescola secondo l'invenzione può essere impiegata per uno o più tra i seguenti elementi costitutivi del cavo: la guaina esterna (1), i tubetti (2) contenenti le fibre ottiche e la guaina interna (1a).

La preparazione del cavo contenente il rivestimento
10 secondo l'invenzione viene quindi effettuata come noto nell'arte. Ad esempio, per realizzare un cavo secondo la fig. 2, con i tubetti (2) e la guaina interna (1a) costituiti da un unico strato di rivestimento (con o senza zeolite), e con la guaina esterna (1) formata da un doppio
15 strato di rivestimento come descritto in precedenza, si può operare nel seguente modo:

- si estrudono i tubetti (2) inglobando al loro interno, all'atto dell'estrusione, le fibre ottiche e il tamponante;
- 20 - si cordano i tubetti attorno al supporto centrale (5), eventualmente nastrandoli successivamente (ad esempio con nastri di PP o PET) per garantire la compattezza del cordone ottico che viene raccolto su bobina;
- sul cordone ottico così ottenuto viene estrusa la
25 guaina interna (1a);

mu

- dopo avere rivestito il cavo con un filato aramidico di rinforzo, ed eventualmente con un nastro igroespandente, si applica, mediante una trafila di estrusione a due teste, la guaina esterna (1) a doppio strato.

5 Quando si estrude la miscela contenente zeolite secondo l'invenzione, occorre tenere in considerazione l'accresciuta viscosità dovuta alla carica minerale, adottando quindi un profilo termico ed una velocità adeguata.. Inoltre, a causa della igroscopicità di tali
10 mescole, occorre porre particolare attenzione ad evitare il più possibile il contatto della miscela con l'acqua; pertanto, è consigliabile conservare i granuli di miscela in luogo anidro fino al loro impiego nell'estrusione, flussare con aria secca e/o riscaldare la tramoggia fino a
15 completa lavorazione della carica, evitare di usare acqua come fluido di raffreddamento e, nel caso di reticolazione della miscela, non impiegare vapore acqueo per la reticolazione

Un cavo secondo la presente invenzione, in particolare
20 un cavo con un doppio strato di rivestimento, è in grado di mantenere le proprie caratteristiche per un numero di anni sufficientemente lungo rispetto alla vita media dei normali cavi.

La presente invenzione è ulteriormente illustrata
25 mediante i seguenti esempi.

ESEMPIO 1Preparazione rivestimento monostrato e caratteristiche di impermeabilità

Si sono realizzate composizioni con percentuali di
5 zeoliti (Molecular sieves Type 3A, UOP) dello 0% (prove di confronto), 30% e 50% in peso rispetto al polimero di base e le seguenti matrici polimeriche:

MDPE polietilene media densità

MDPE/EVA 50% MDPE e copolimero etilene-vinil acetato

PP polipropilene

LDPE polietilene bassa densità

LLDPE polietilene lineare bassa densità

Allo scopo, si introduce circa 2/3 della quantità
totale di polimero in un mescolatore tipo Bambury ad una
10 temperatura prossima a quella di fusione, mescolando per circa 2 minuti. Si introduce quindi la restante parte di polimero con la carica di zeolite, preventivamente essiccata in stufa per una notte sottovuoto a 250°C, mescolando per altri 3 minuti. La mescola così ottenuta
15 viene passata in un mescolatore aperto a rulli preriscaldato ad una temperatura prossima a quella di fusione della mescola, lavorata per circa due minuti, ottenendo così un foglio di mescola. Il foglio di mescola così prodotto viene immediatamente stampato in pressa in
20 forma di piastra dello spessore desiderato.

M

Da piastre stampate delle composizioni di cui sopra, si sono ricavati campioni di spessore di 1 mm, per i quali è stato misurato l'assorbimento di acqua partendo da valori di UR iniziale del 10÷20 %, secondo una prova derivata da quelle previste nella norma ASTM E96 e descritta a pag. 3 del già citato articolo di P. Anelli et al., IWCS proceedings, 1995. In breve, una piastra viene fissata ad un contenitore metallico (30 cm³), all'interno del quale è posto un sensore di umidità (Parametrics Hybrid cap 99I), con un O-ring di tenuta e bulloni. L'insieme viene assemblato in un "glove box" sotto un flusso continuo di aria secca, tale da mantenere una UR ≤ 10%. L'apparecchio viene quindi posto in un contenitore in cui viene mantenuta una UR dell'85-95%, mediante un'opportuna miscela acqua-glicerina. La piastra si trova quindi esposta con una faccia (faccia esterna) ai suddetti valori di UR, mentre sull'altra faccia (faccia interna), cioè all'interno del contenitore metallico, viene continuamente misurato l'andamento della UR, mediante il sensore di umidità (sensibilità di circa 2 mV/%UR).

In tabella 2 sono riportati i tempi necessari per raggiungere valori di UR rispettivamente del 30%, 50% e 70% nell'ambiente a contatto con la faccia interna delle piastre di prova dei vari materiali, preparate come sopra descritto.

TABELLA 2: Confronto tra le varie formulazioni polimeriche

polimero	contenuto di Zeoliti (%)	tempo per UR=30% (ore)	tempo per UR= 50% (ore)	tempo per UR=70% (ore)
MDPE	0	32	180	1200
MDPE	30	1600	2500	3000
MDPE	50	1900-2200	2500-2700	3200-3500
MDPE/EVA	0	<100	<100	230
MDPE/EVA	50	290	350	450
PP	0	<200	320	>2000
PP	30	790	1220	3200
PP	50	1240	1520	>3200
LDPE	0	<100	<100	500
LDPE	30	1300	1900	2500
LDPE	50	1300	2000	>2500
LLDPE	0	<100	200	2200
LLDPE	30	<100	1500	2500
LLDPE	50	1200	1800	>2500

Sulla base dei dati della tabella 2, si vede come per la maggior parte dei provini costituiti da polimeri caricati con zeolite si ha un netto miglioramento della capacità di limitare l'aumento di UR sulla faccia interna delle piastre di prova rispetto ai provini costituiti dai soli rispettivi polimeri. In particolare, si osserva come la presenza di zeolite nel rivestimento è in grado di limitare l'UR a valori di circa il 70% per almeno 2500 ore.

Un discorso a parte occorre fare per la miscela MDPE/EVA, che presenta un tempo di 230 per raggiungere una UR del 70%; la presenza di zeolite nel rivestimento è comunque in grado di raddoppiare il tempo necessario per raggiungere lo stesso valore del 70% di UR. Si osserva inoltre che per

alcuni tipi di polimero, già con un contenuto di zeolite del 30% si ottengono risultati più che soddisfacenti.

ESEMPIO 2

Confronto rivestimento mono- e bi-strato

5 Secondo quanto descritto nell'esempio 1, sono stati preparati due provini di spessore 0,8 mm così composti:

- A) 0.8 mm di MDPE
- B) 0.8 mm di MDPE+50% zeolite.

Sono stati inoltre preparati altri due provini di 0,8
10 mm di spessore formati da due strati accoppiati di 0,4 mm di materiale polimerico, uno dei quali contenente una carica al 50% di zeolite del tipo impiegato nell'esempio 1.

Tali provini sono stati preparati per stampaggio delle singole piastre con uno spessore maggiorato del 20% e
15 successivo accoppiamento, sempre mediante stampaggio delle due piastre, per ottenere lo spessore finale del provino.

I due provini sono identificati come segue:

- C) doppio strato con 0.4 mm MDPE all'interno e 0.4 mm di MDPE+50% zeolite all'esterno
- 20 D) doppio strato con 0.4 mm di MDPE+50% zeolite all'interno e 0.4 mm MDPE all'esterno

In tabella 3 sono riportati i tempi misurati per ciascun provino per raggiungere una UR del 30%, 50% e 70%, secondo la prova illustrata nell'esempio 1, partendo da
25 valori di UR del 10-20%.

mu

Tabella 3

	Provino A	Provino B	Provino C	Provino D
tempo per UR=30% (ore)	< 50	1900-2200	< 100	> 5000
tempo per UR= 50% (ore)	< 100	2500-2700	700	> 5000
tempo per UR=70% (ore)	1500	3200-3500	2000	>5000

Nota: I valori relativi al provino D si riferiscono ad una prova ancora in corso

Come si desume dai dati esposti in tabella 3, un rivestimento composto da un doppio strato, il più interno dei quali caricato con zeolite, permette di raggiungere
5 risultati eccellenti in termini di resistenza all'aumento di UR all'interno del cavo, quando questo si trova in un ambiente con una UR dell'85-95%.

ESEMPIO 3

10 Simulazione della vita del cavo

Per valutare l'andamento nel tempo dei valori di umidità relativa all'interno di un cavo rivestito con un rivestimento secondo l'invenzione, quando questo è posto in contatto con un ambiente ad umidità relativa del 100%, è
15 stato impiegato il modello riportato nel succitato articolo di P. Anelli et al., IWCS proceedings. Secondo tale metodo, sono stati determinati alcuni parametri tipici dei materiali, quali il coefficiente di diffusione e la solubilità del vapor d'acqua. Tali parametri si determinano
20 dai risultati di prove di assorbimento in fase vapore, come la ASTM D570-77, applicando formule ed equazioni descritte

M

in vari libri di riferimento come Carslaw-Jaeger,
"Conduction of heat in solids", Oxford Ed., 1973. A questo
scopo sono state effettuate prove di assorbimento di vapore
da atmosfera al 75% UR a 25°C (pressione parziale di vapore
5 17.8 mmHg) su piastre dei materiali in questione, rilevando
per via gravimetrica il quantitativo di acqua assorbita;
con una serie di misurazioni successive si ottiene una
curva di aumento di peso del provino in funzione del tempo.
Dalla pendenza iniziale della curva si ricava il
10 coefficiente di diffusione "D" dell'acqua nella piastra (si
veda il succitato libro a pagg. 58-62), in base alla
relazione

$$\frac{dw}{d\sqrt{t}} = w_{\infty} \sqrt{\frac{D}{16\pi}} L$$

dove w è il quantitativo di acqua assorbito al tempo t,
15 w_{∞} il quantitativo asintotico ed L lo spessore del provino.
Dal quantitativo asintotico della curva, dividendo per il
volume del provino e per la pressione di vapor saturo a cui
è effettuata la prova, si ricava la solubilità "S"
dell'acqua nel polimero alla temperatura di prova.

20 Nella seguente tabella 1 sono riportati i valori di S e
D calcolati per alcuni tipi di polimeri contenenti diverse
quantità di zeolite (Per il polimero MDPE non contenente
zeolite, in letteratura sono riportati seguenti valori:
D = $1.5 \cdot 10^{-7}$ e S = $1.2 \cdot 10^{-6}$).

Tabella 1

polimero	contenuto di Zeoliti (%)	S (g/cm ³ mmHg)	D (cm ² /sec)
MDPE	20%	2.00 10 ⁻³	4.28 10 ⁻¹⁰
MDPE	25%	2.68 10 ⁻³	2.84 10 ⁻¹⁰
MDPE	30%	3.65 10 ⁻³	1.14 10 ⁻¹⁰
MDPE	50%	5.98 10 ⁻³	2.51 10 ⁻¹⁰
MDPE/EVA	50%	6.0 10 ⁻³	1.90 10 ⁻⁹
PP	30%	3.56 10 ⁻³	1.60 10 ⁻¹⁰
PP	50%	5.86 10 ⁻³	3.35 10 ⁻¹⁰
LDPE	30%	3.63 10 ⁻³	3.31 10 ⁻¹⁰
LDPE	50%	5.94 10 ⁻³	3.10 10 ⁻¹⁰
LLDPE	30%	3.63 10 ⁻³	2.13 10 ⁻¹⁰
LLDPE	50%	5.94 10 ⁻³	2.55 10 ⁻¹⁰

Con questi parametri è stato calcolato l'effetto della presenza di strati assorbitori sull'andamento dell'umidità relativa all'interno di un cavo, con la condizione che alla superficie esterna dello strato esterno viene mantenuto sempre il 100% UR (contatto con acqua), imponendo un flusso nullo di umidità alla superficie interna dello strato interno (si assume cioè che tutta l'acqua che diffonde nel cavo si accumuli nel doppio strato costituente la guaina). Si tratta evidentemente di una assunzione peggiorativa, in quanto si trascura la presenza all'interno della struttura del cavo di elementi aventi una non trascurabile capacità di assorbimento (filati aramidici, poliuretano, nastri o tamponanti idroassorbenti come quelli descritti in precedenza) che hanno l'effetto di ridurre l'UR all'interno del cavo.

In questa schematizzazione prudenziale, risolvendo l'equazione della diffusione (si veda il succitato libro a

pagg. 323-324 e 345-347) si ottiene una curva che fornisce, per ciascun rivestimento, la variazione dell'UR alla superficie interna del rivestimento in funzione del tempo.

In fig. 4 è riportato un esempio di una tale curva,

5 determinata per alcuni rivestimenti a base di MDPE dello spessore di 3 mm, così identificati nel grafico:

● Singolo strato di MDPE

○ Singolo strato di MDPE contenente il 50% di zeolite

■ Doppio strato: Interno (spessore 1,5mm) = MDPE;

10 Esterno (1,5mm) = MDPE con 50% di zeolite

□ Doppio strato: Interno (1,5mm) = MDPE con 50% di zeolite; Esterno (1,5mm) = MDPE

In base alla simulazione sopra descritta si è valutato, che un cavo rivestito con un rivestimento polimerico

15 contenente zeolite, in particolare un rivestimento formato da un doppio-strato il più interno dei quali caricato con almeno il 30% di zeolite, quando esposto a valori di

umidità relativa superiori al 90% a temperatura ambiente è in grado di mantenere al suo interno valori di umidità

20 relativa inferiore all'80% per almeno 20 anni.

Nel caso di un rivestimento a base di MDPE, è stato inoltre valutato che una guaina dello spessore di almeno 2,5 mm, preferibilmente di almeno circa 3 mm, formata da un doppio strato di polimero, il più interno dei quali

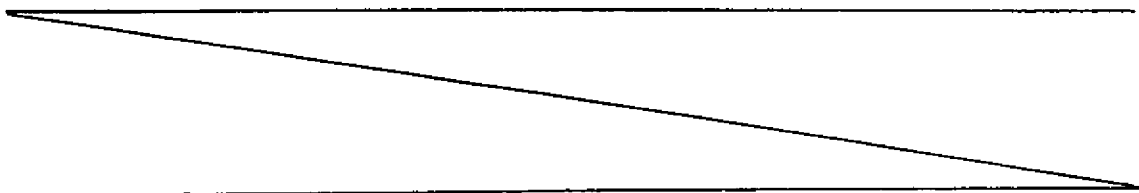
25 caricato con zeolite al 50%, dopo 20 anni in presenza di UR

M

del 100% sulla superficie esterna è in grado di mantenere una percentuale di umidità relativa inferiore al 60% nell'ambiente in contatto con la superficie interna.

È stato osservato inoltre che lo spessore dei singoli strati può variare entro intervalli piuttosto ampi, senza influire negativamente sulle proprietà di resistenza all'umidità del rivestimento; ad esempio, nel caso del suddetto rivestimento a base di MDPE dello spessore di circa 3 mm, per mantenere una percentuale di umidità relativa inferiore al 60% nell'ambiente in contatto con la superficie interna, lo spessore dello strato esterno (esente da zeolite) può variare da circa 0,8 mm (circa il 25% dello spessore totale) a circa 2,5 mm (circa 80% del totale).

D'altra parte, poichè lo strato esente da zeolite ha anche lo scopo di conferire una certa resistenza meccanica al rivestimento, lo spessore di detto strato dipenderà dalle specifiche proprietà di resistenza meccanica che si intendono conferire al rivestimento del cavo. In generale, si preferisce impiegare un rivestimento doppio strato nel quale lo strato interno (contenente zeolite) rappresenta circa il 50% dello spessore totale.



RIVENDICAZIONI

1. Cavo caratterizzato dal fatto di avere almeno uno strato di rivestimento polimerico comprendente una quantità prefissata di zeolite tale da limitare l'aumento di umidità
5 relativa all'interno del cavo stesso.

2. Cavo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detto rivestimento, quando la sua superficie esterna sia posta in presenza di valori di UR dell'85-95%, è in grado di mantenere nell'ambiente in contatto con la
10 sua superficie interna valori di UR inferiori al 70% per almeno 2500 ore o per un periodo di tempo circa doppio rispetto ad un analogo rivestimento costituito dal solo polimero.

3. Cavo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detto strato di rivestimento polimerico contiene
15 dal 30% al 70% in peso di zeolite.

4. Cavo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che la percentuale di zeolite varia dal 35% al 60% in peso.

20 5. Cavo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che le dimensioni delle particelle di zeolite variano da 0.01 μm a circa 100 μm .

6. Cavo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che le dimensioni delle particelle di zeolite variano
25 da 0.1 a 5 μm .

7. Cavo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che la dimensione media dei pori delle particelle di zeolite è inferiore a 6 Ångstrom.

8. Cavo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che la dimensione media dei pori delle particelle di zeolite è compresa tra circa 3 e 4 Ångstrom.

9. Cavo secondo una qualunque delle precedenti rivendicazioni da 1 a 8 caratterizzato dal fatto che la matrice polimerica di base del rivestimento è formata da uno tra i seguenti materiali polimerici: polietilene (PE), in particolare PE a bassa densità (LDPE), PE a media densità (MDPE), PE ad alta densità (HDPE) e PE lineare a bassa densità (LLDPE); polipropilene (PP); gomme etilene-propilene (EPR), in particolare copolimero etilene-propilene (EPM) o terpolimero etilene-propilene-diene (EPDM); gomma naturale; gomma butilica; copolimero etilene/vinil acetato (EVA); copolimeri etilene/acrilato, in particolare etilene/metil acrilato (EMA), etilene/etil acrilato (EEA), etilene/butil acrilato (EBA); copolimero etilene/ α -olefina; polimeri alogenati, in particolare polivinilcloruro (PVC); poliuretano (PUR); poliammidi; poliesteri aromatici, come polietilentereftalato (PET) o polibutilentereftalato (PBT); e loro copolimeri o miscele meccaniche.

10. Cavo secondo una qualunque delle precedenti rivendicazioni da 1 a 9 caratterizzato dal fatto che detto cavo è un cavo dielettrico comprendente almeno un alloggiamento ed almeno una fibra ottica posta entro detto
5 alloggiamento.

11. Cavo secondo la rivendicazione 11 caratterizzato dal fatto che detto cavo comprende una guaina polimerica esterna di rivestimento (1), facoltativamente almeno una guaina polimerica interna (1a) e, facoltativamente, una
10 serie di tubetti di materiale polimerico (2) nei quali sono alloggiate le fibre ottiche.

12. Cavo secondo la rivendicazione 11 caratterizzato dal fatto che la guaina esterna di rivestimento (1) di detto cavo comprende uno strato polimerico contenente zeolite.

15 13. Cavo secondo la rivendicazione 11 caratterizzato dal fatto che la guaina interna (1a) di detto cavo comprende uno strato polimerico contenente zeolite.

14. Cavo secondo la rivendicazione 11 caratterizzato dal fatto che i tubetti (2) di detto cavo comprendono uno
20 strato polimerico di rivestimento contenente zeolite.

15. Cavo secondo una qualunque delle precedenti rivendicazioni da 1 a 14 caratterizzato dal fatto di comprendere almeno un ulteriore strato di rivestimento polimerico esente da zeolite, essendo tale strato posto in

posizione radialmente più esterna rispetto allo strato di rivestimento polimerico contenente zeolite.

16. Cavo secondo la rivendicazione 15 caratterizzato dal fatto che detto ulteriore strato di rivestimento polimerico
5 esente da zeolite è posto a diretto contatto con lo strato di rivestimento polimerico contenente zeolite.

17. Cavo secondo secondo la rivendicazione 16 caratterizzato dal fatto che lo spessore totale degli strati di rivestimento è di almeno 2,5 mm.

10 18. Cavo secondo secondo la rivendicazione 16 o 17 caratterizzato dal fatto che lo strato contenente zeolite rappresenta circa il 50% dello spessore totale del rivestimento.

15 19. Cavo secondo la rivendicazione 16, 17 o 18 caratterizzato dal fatto che la matrice polimerica di base del rivestimento esente da zeolite è sostanzialmente la stessa del rivestimento contenente zeolite.

20 20. Cavo comprendente uno strato di rivestimento polimerico caratterizzato dal fatto che detto strato di rivestimento polimerico contiene una quantità prefissata di zeolite tale che quando detto cavo viene esposto a valori di umidità relativa superiori al 90% a temperatura ambiente, detto rivestimento è in grado di mantenere all'interno del cavo valori di umidità relativa inferiore
25 all'80% per almeno 20 anni.

21. Cavo secondo la rivendicazione 20 caratterizzato dal fatto che detta quantità prefissata di zeolite nel rivestimento varia dal 30% al 70% in peso del rivestimento.

22. Metodo per limitare l'aumento di umidità relativa all'interno di un cavo caratterizzato dal fatto che ad almeno uno strato di rivestimento di tale cavo viene addizionata una quantità prefissata di zeolite.

23. Metodo secondo la rivendicazione 22 caratterizzato dal fatto che comprende predisporre uno strato, radialmente più esterno, in materiale polimerico privo di zeolite ed uno strato, radialmente più interno, in materiale polimerico contenente detta quantità prefissata di zeolite.

23. Metodo secondo la rivendicazione 22 caratterizzato dal fatto che detta quantità prefissata di zeolite varia dal 30% al 70% in peso.

PIRELLI CAVI

Società per Azioni

Brevetti

Pier Giovanni Giannesi
(Pier Giovanni Giannesi)



Fig. 1

MI 97 A 0263

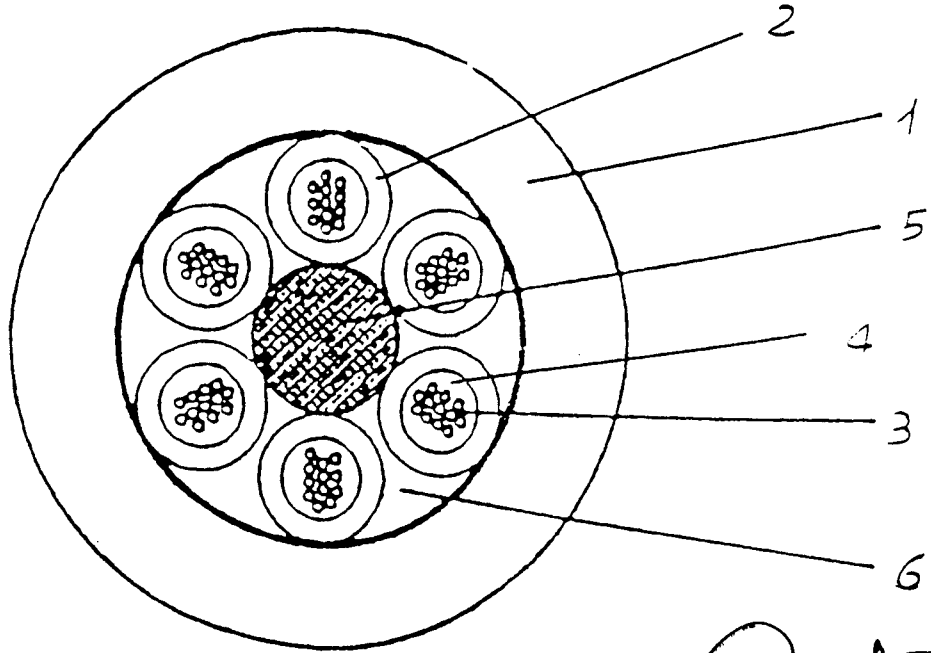
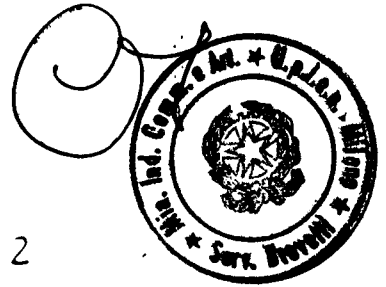
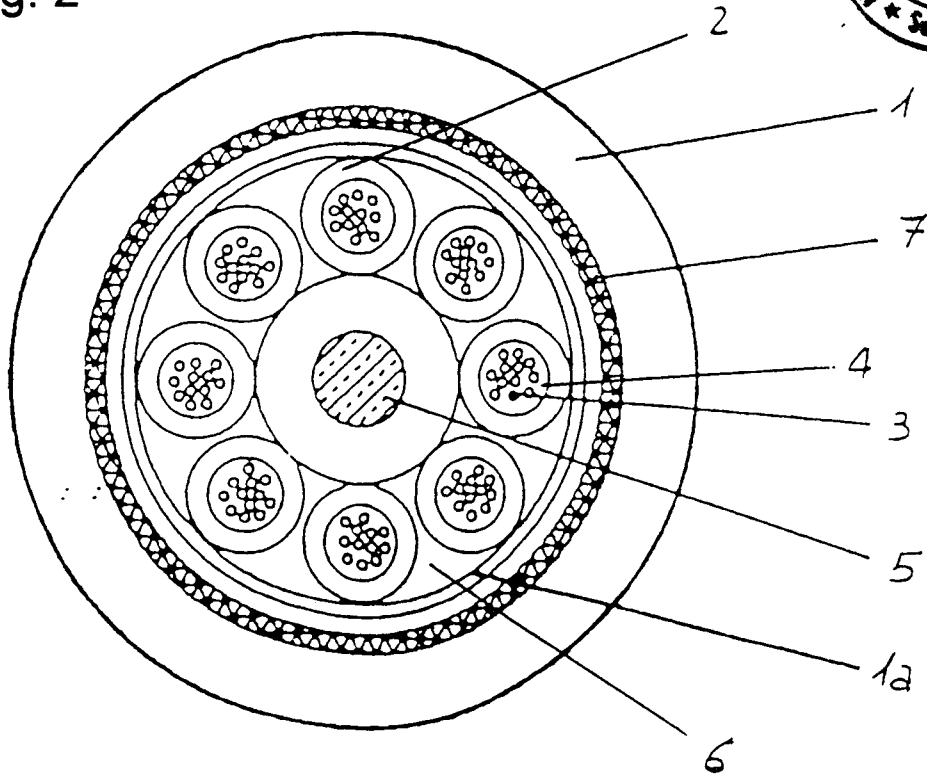


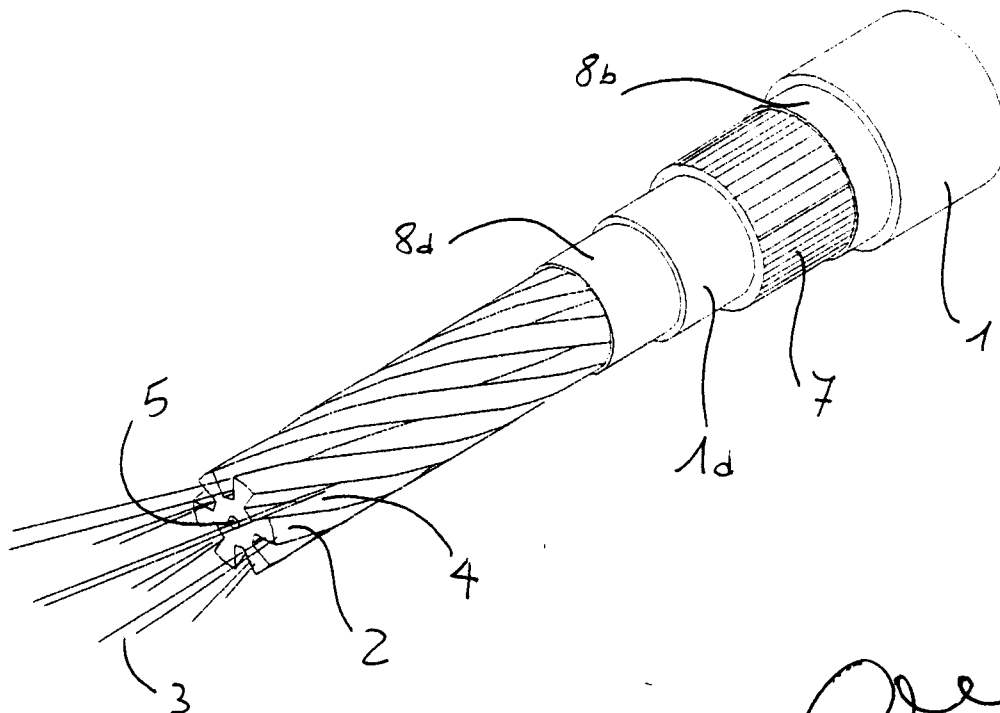
Fig. 2



PIRELLI CAVI
 Società per Azioni
Pirelli
 (Per Giovanni Grassi)

Fig. 3

MI 97 A 0263

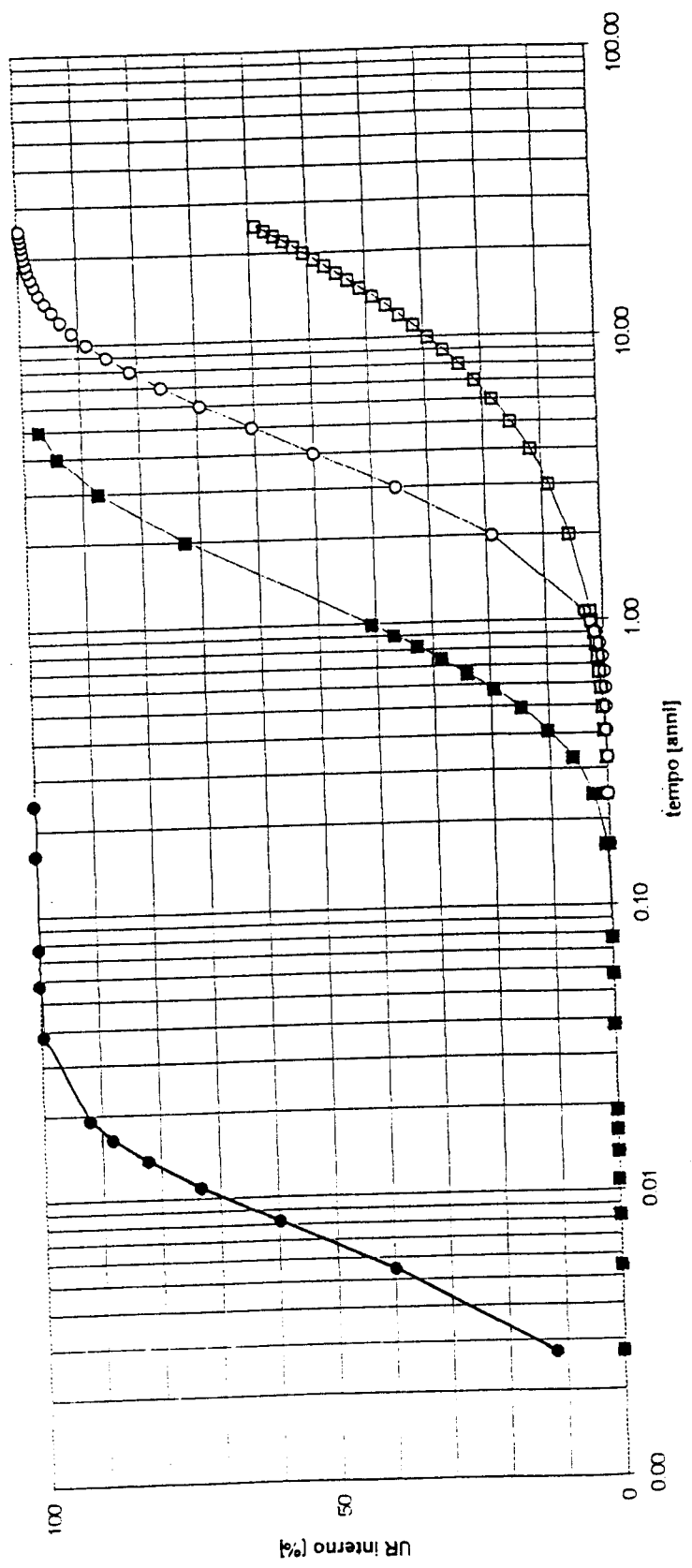


PIRELLI CAVI
Società per Azioni

Brevetti

Pier Giovanni Ciannelli
(Pier Giovanni Ciannelli)

Fig. 4



PIRELLI CAVI
Società per Azioni

Per favore firmare
Brevetti
Pirelli & C. S.p.A.

MI 97 A 0263

