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

UIBM

DOMANDA NUMERO	**101983900000447**
Data Deposito	**12/08/1983**
Data Pubblicazione	**12/02/1985**

Priorità	408.971
Nazione Priorità	US
Data Deposito Priorità	17-AUG-82

Priorità	408.972
Nazione Priorità	US
Data Deposito Priorità	17-AUG-82

Titolo

Tubo ermeticamente chiuso incorporante una fibra ottica e circondato da un cavo armato

DOCUMENTAZIONE RILEGATA

Formulario PTO 55 (12-80)

Ministero del Commercio degli Stati Uniti

Ufficio Brevetti e Marchi degli Stati Uniti

QUESTO E' PER CERTIFICARE che quanto allegato è una copia conforme dai documenti di questo Ufficio della domanda di Robert Everette Thompson, Gordon Gould e Charles I. Soodak, come originariamente depositata il 17 Agosto 1982, Serie Numero 408.972, per Cavo Armato Contenente Un Tubo Ermeticamente Chiuso Incorporante Una Fibra Ottica.

Per autorizzazione del COMMISSARIO DELL'UFFICIO BREVETTI E MARCHI

Il funzionario addetto alle certificazioni

(firma illeggibile)

SIA NOTO CHE NOI, ROBERT EVERETTE THOMPSON, GORDON GOULD, CHARLES I. SOODAK, cittadini degli Stati Uniti d'America, e residenti nella Contea di Roanoke; Great Falls, Contea di Fairfax, nello stato della Virginia, e città di Silver Spring, Contea di Montgomery, Stato del Maryland, rispettivamente, abbiamo inventato nuovi ed utili miglioramenti in:

CAVO ARMATO CONTENENTE UN TUBO ERMETICAMENTE CHIUSO INCORPORANTE UNA FIBRA OTTICA

S7705	08/23/82	408972	03-1620 1 101	65.00CH
S7706	08/32/82	408972	03-1620 1 102	58.00 CH
S4442	09/20/82	408972	03-1620 1 604	6.00 CR

CAVO ARMATO CONTENENTE UN TUBO ERMETICAMENTE CHIUSO INCORPORANTE UNA FIBRA OTTICA

Questa invenzione si riferisce a cavi armati.

Più specificamente, questa invenzione si riferisce a cavi a fibre ottiche.

FONDAMENTI DELL'INVENZIONE

Cavi elettromeccanici convenzionali per applicazioni quali registrazione per pozzi petroliferi includono conduttori metallici

isolati per la trasmissione di segnali elettrici. Tali cavi hanno larghezze di banda di trasmissione dei segnali che sono limitate a circa 100 KHz per lunghezze corrispondenti alle profondità tipiche dei pozzi di petrolio: da 12.000 a 20.000 piedi (3657,6 a 6096 m). Gran parte dell'informazione che si può ottenere con i moderni mezzi di registrazione, non è ricuperabile dal basso del foro di sondaggio, data la ristretta larghezza di banda dei segnali che caratterizza gli attuali cavi convenzionali di registrazione. Esiste pertanto la necessità di provvedere cavi dotati di larghezze di banda di trasmissione dei segnali sostanzialmente più ampie, vale a dire, capacità più elevata, e/o maggiori velocità di trasmissione su lunghe tratte di cavo senza ripetitori. Le fibre ottiche possono fornire larghezze di banda di trasmissione dei segnali di circa 100 MHz su lunghezze fino a circa 30.000 piedi (9144 m) Ciò corrisponde a circa tre ordini di grandezza in più rispetto ai fili isolati usati nei cavi convenzionali per applicazioni in condizioni ambientali estremamente severe quali quelle per le registrazioni nei fori di sondaggio.

Le fibre ottiche di vetro hanno due caratteristiche che ne rendono difficile l'incorporamento con successo nei cavi soggetti a deformazione/che sono destinati ad essere tesi quando usati o che sono destinati all'impiego sott'acqua, particolarmente in pre-

senza di alta pressione e/o alta temperatura, come si ha nei fori di trivellazione dei pozzi petroliferi. Tali caratteristiche sono la degradazione da fatica statica e la perdita per micropiegature.

Le fibre di vetro di silice presentano piccole screpolature (microscrepolature) alle loro superfici. La profondità di queste microcricche può aumentare per effetto di una reazione chimica, accelerata per sollecitazione, fra il vetro di silice e l'umidità, cosiddetta fatica statica. La resistenza a trazione della fibra di vetro diminuisce sostanzialmente all'aumento in profondità delle microcricche. Il vetro è un materiale elastico con elevato modulo di Young. La deformazione in una fibra ottica di vetro genera sollecitazione di trazione e si traduce in fatica statica. Perciò, le fibre ottiche di vetro non sono adatte per l'impiego in condizioni di forte deformazione ($>0,5\%$), in presenza di umidità, per lunghi periodi di tempo. Nessuna plastica può fornire una protezione adeguata, giacché l'acqua si diffonde, in certa misura, attraverso tutte le materie plastiche. Attraverso piccole piegature nella fibra ottica, perdita di luce (perdite per micropiegatura), è descritta in appresso. Le fibre ottiche trasmettono segnali luminosi in base al principio della riflessione interna totale. Ciò dipende principalmente dalla condizione che i raggi di

luce vengano totalmente riflessi indietro, nella zona del nucleo, ogni volta che essi urtano l'interfaccia nucleo/rivestimento della fibra ottica. La riflessione interna totale può soltanto avvenire quando l'angolo di incidenza fra i raggi e l'interfaccia nucleo-rivestimento sia inferiore ad un certo valore critico. La piegatura di una fibra ottica ha come conseguenza che una certa parte della luce propagantesi nel nucleo della fibra urta contro l'interfaccia nucleo/rivestimento ad angoli di incidenza maggiori del valore critico e viene rifratta fuori dal nucleo ottico, andando perduta. La quantità di luce che va perduta aumenta col diminuire del diametro effettivo della piegatura. Quando la piegatura della fibra ottica è provocata per deviazione dovuta a forze laterali locali, la risultante riduzione d'intensità del segnale (e la riduzione nella lunghezza del cavo che si può usare) viene chiamata perdita per micropiegatura. Quando una fibra ottica è deviata da una disomogeneità locale, quale un nodo nei suoi strati di rivestimento, il diametro effettivo della piegatura dipende dalla deformazione locale cui è sottoposta la fibra. Generalmente, la fibra si piega ad un diametro effettivo più piccolo man mano che aumenta il livello della deformazione cui è sottoposta. Pertanto, a più alti livelli di deformazione corrispondono livelli più elevati della perdita per micropiegatura. Le perdite per

micropiegatura nelle fibre vengono grandemente ridotte rivestendo prima le fibre con un elastomero morbido quale una gomma siliconica, e incassando tale fibra ammortizzata in una camicia rigida atta a resistere alle forze esterne. Tuttavia, le materie plastiche come la gomma silicone perdono la loro integrità nelle condizioni ambientali estremamente severe che si hanno ad esempio nel fondo di un pozzo profondo, ossia, quando assoggettate ad acqua salmastra calda, a pressioni fino a 20.000 lbs/poll.q (1406 Kg/cm^2) e temperature fino a 500°F(260°C)

Sarebbe pertanto ventaggioso disporre di un tubo a chiusura stagna, contenente almeno una fibra ottica, che si possa incorporare in un cavo per la registrazioni dei dati di sondaggio nei pozzi. Il tubo permetterebbe di minimizzare la micropiegatura della fibra, e il cedimento da microscrepolature, indotto per umidità nella fibra.

Una condizione necessaria per una registrazione esatta dei dati di misurazione di un foro di sondaggio, è la conoscenza esatta della posizione del mezzo di registrazione entro detto foro. La posizione del mezzo è definita dalla lunghezza reale del cavo di registrazione sospeso nel foro di sondaggio. La lunghezza reale del cavo sospeso può essere determinata in base ad una conoscenza della quantità di tratto di cavo non sollecitato che è stata discesa nel pozzo, più una conoscenza delle caratteristiche di allungamento/

tensione del cavo, e della tensione lungo la tratta di cavo sospeso. La quantità di tratto di cavo non sollecitato che è state fatte scendere nel foro di sondaggio può essere misurata con precisione. Il profilo di tensione lungo il tratto sospeso di cavo, può essere calcolato con esattezza. Pertanto, la lunghezza effettiva del cavo sospeso nel pozzo può essere determinata esattamente, se le caratteristiche di allungamento/tensione del cavo sono esattamente note e sono ripetibili.

I cavi elettromecoanici tradizionali per la registrazione delle misurazioni nei pozzi, possono essere costruiti in modo da sopportare le condizioni ambientali dure, di temperatura elevata, e da tollerare livelli elevati di deformazione assiale, rimanendo sempre funzionali. Più specificamente, ad esempio, ciascun elemento conduttore di un cavo convenzionale di registrazione comprende un fascio di fili di rame. I fili di rame cedono anelasticamente a valori bassi di deformazione. Quando il cavo è alternativamente teso e rilasciato, il rame non ritorna completamente nel suo stato originario e alla fine i fili di rame diventano fragili per indurimento da deformazione e si spezzano. Tuttavia, seppure seria questa condizione non necessariamente rende il cavo inoperante, giacché una interruzione in uno o più fili, con fili adiacenti non interrotti, permette alla corrente di passare ai fili vicini e

così il conduttore risulta sempre intero e il cavo rimane funzionale. Perciò, i cavi di registrazione convenzionali possono sopportare considerevoli deformazioni anelstiche ed elastiche, pur mantenendosi funzionali.

I cavi per la registrazione di dati nei pozzi sono generalmente costruiti con due strati di fili di armatura esterna in acciaio. I fili di armatura sono preformati e applicati in spirali di verso opposto, per impedire al cavo di "disavvolgersi" quando supporta un carico sospeso liberamente. Internamente alla camicia armata possono esservi sette conduttori di rame isolati disposti in numero di sei intorno ad uno, in eliche di senso geperalmente opposto a quelle dei fili di acciaio dello strato di armatura interno. Tuttavia, non esiste alcuna correlazione definita fra le spirali dei conduttori di rame e quelle dei fili di armatura interna, giacché esse vengono aggiunte in fasi di fabbricazione separate e di solito con uno strato di appoggio in materiale cedevole fra le medesime. Un risultato di questa geometria convenzionale di strutturazione dei cavi è che l'interfaccia fra i fili di armatura interna e i sottostanti conduttori isolati, consiste di una molteplicità di punti d'incrocio separati dal materiale cedevole di appoggio.

Quando un cavo convenzionale per laregistrazione delle misurazioni nei pozzi viene posto in tensione a temperature

elevate, esso si allunga per un importo che non è prevedibile con esattezza. Ciò perché l'allungamento consiste di due parti: una lineare e una fortemente alineare e anelastica. La parte anelastica si verifica perché i fili di armatura deformano anelasticamente lo strato di appoggio cedevole sottostante e l'isolamento dei fili a motivo delle fortissime sollecitazioni locali nei punti d'incrocio e assumono un diametro primitivo più piccolo. La parte anelastica dell'allungamento del cavo non è propriamente prevedibile o ripetibile e quindi la posizione della sonda di registrazione non sarà esattamente nota.

Per impedire che si verifichi la deformazione anelastica nell'uso, ai cavi di registrazione convenzionali viene impartito uno stiramento a caldo durante la fabbricazione. L'operazione di stiramento a caldo, quando appropriatamente svolta, si traduce in un cavo atto a rispondere con un allungamento lineare ed elastico alla tensione. Detto trattamento conferisce una deformazione (anelastica) permanente compresa fra 3/4 e 1½ per cento ai cavi di registrazione convenzionali a sette conduttori. Il prestiramento a caldo di un cavo armato di struttura convenzionale, contenente una o più fibre ottiche nella relativa anima, lascerebbe la fibra ottica di vetro sotto un allungamento permanente da 3/4 a 1½ per cento. Le fibre ottiche in cavi soggetti a tali alti livelli di deformazione permanente

cederebbero subito in seguito a fatica statica e/o subirebbero perdite per micropiegatura intollerabilmente elevate. E' quindi evidente che la tecnologia convenzionale di prestiramento non può essere applicata alleavi armati in fibra ottica. Perciò, sarebbe particolarmente vantaggioso disporre di un cavo armato contenente fibre ottiche, il quale permetta di ovviare a questi e ad altri inconvenienti e consenta di estendere la tecnologia delle comunicazioni attraverso le fibre ottiche, alle aree soggette a condizioni ambientali estremamente dure.

SOMMARIO DELL'INVENZIONE

Noi abbiamo inventato un cavo e un metodo di fabbricazione minimizzano la parte anelastica dell'allungamento del cavo riducendo al minimo la deformabilità dell'anima. Il fascio centrale del cavo comprende almeno due strati interni, includenti l'armatura interna, i quali vengono at-

torcigliati o cordati in una configurazione "uniavvolgimento" di una data chiralità attorno al tubo centrale ermeticamente chiuso il quale contiene almeno una fibra "respingente".

Una fibra ottica respingente è una fibra ottica rivestita con un adatto materiale ammortizzante, quale un elastomero. Il tubo è costruito in modo che le fibre siano ermeticamente suggellate in esso con un minimo di deformazione e micropiegature indotte dal processo.

Una configurazione ad "uniavvolgimento" è definita come un fascio di elementi di cavo dove ciascun elemento è in continuo contatto con, e secondo lo stesso orientamento, rispetto agli elementi ad esso immediatamente vicini. Le sezioni trasversali del fascio centrale sono identiche in ogni punto lungo il cavo, eccetto per una rotazione attorno all'asse centrale. La costruzione ad uniavvolgimento distribuisce le forze trasversali in modo continuo lungo i componenti in contatto, invece di concentrare le forze nei punti d'incrocio come negli strati di elementi di cavo formati in controspirale o strati di elementi cordati unidirezionalmente che hanno lunghezze differenti di avvolgimento. Il tratto di avvolgimento del cavo è lungo:

dell'ordine di circa 3,5 pollici (88,9 mm)

per un cavo con un diametro esterno di circa 0,5 pollici (12,7 mm). E' definita "lunghezza di avvolgimento"

la distanza lungo il cavo o l'asse elicoidale, percorsa da un giro di spirale completo dell'elemento. Il cavo presenta almeno uno strato di armatura esterna il quale è avvolto in controspirale attorno al fascio centrale. Lo strato di armatura esterna è di chiralità opposta a quella del fascio centrale e sostanzialmente compensa il momento torcente dell'armatura interna quando il cavo è sotto tensione. Gli elementi degli strati sono duri e resistenti alla deformazione. Ciò vuol dire che qualsiasi degli elementi conduttori contenuti nel cavo sono conduttori metallici singoli e non conduttori a più fili. Gli strati del fascio centrale sono costruiti in una unica operazione, con la stessa lunghezza di avvolgimento e la medesima chiralità. Lo strato di armatura esterna, di chiralità opposta, è applicato direttamente sul fascio centrale.

BREVE DESCRIZIONE DEL DISEGNO

Fig. 1 illustra una vista in sezione trasversale di un cavo armato a fibre ottiche.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

L'invenzione sarà più chiaramente illustrata con riferimento alla Fig. 1. La fig. 1 illustra un cavo ottico armato 10 di nostra invenzione. Il cavo ottico armato 10 sarà descritto con riferimento a specifiche forme di realizzazione quali dimensioni complessive, dimensioni e

materiali usati per costruire un cavo destinato alla registrazione dei dati di sondaggio nei pozzi, rientrante nell'ambito dell'invenzione. Tuttavia, l'invenzione non è limitata unicamente alle dimensioni o ai materiali specificamente indicati nella presente esposizione, nè alle sole applicazioni connesse con la registrazione dei dati di sondaggio nei pozzi. Il cavo descritto è utilizzabile in qualsiasi applicazione per cui si esigano minime deformazioni del cavo sotto carico.

Il cavo ottico armato 10 ha un'anima centrale 12 costituita da un tubo ermeticamente chiuso. Il tubo ermeticamente chiuso 12 ha un diametro esterno di circa 0,120 pollici ± 1%, con un diametro interno di circa 0,06 pollici. Il tubo 20 contiene una, o una pluralità di fibre ottiche 14. Le fibre ottiche 14 possono essere del tipo modo singolo o multimodo, o miscele di tali tipi. Fibre ottiche adatte, con un sottile rivestimento protettivo di una plastica a base acrilica indurita agli U.V., sono fabbricate dalla Valtec Co., nel Massachussetts. Se il tubo sigillato ermeticamente 12 include una pluralità di fibre ottiche, le fibre ottiche dovrebbero

essere preferibilmente attorcigliate fra loro col medesimo senso elicoidale degli elementi 22 e dei fili di armatura interna 24 del fascio centrale 30. Ad esempio, le tre fibre illustrate hanno un senso di avvolgimento destrorso e una lunghezza di avvolgimento di circa 3,5 pollici (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 1,2°).

Le fibre rivestite sono circondate e rivestite da un materiale ammortizzante 16 quale un materiale elastomerico ammortizzante ad esempio gli elastomeri siliconici e simili. E'aggiunto addizionale elastomero o altro materiale di annegamento adatto 18 per parzialmente o, come illustrato, completamente riempire il tubo 12 durante la fabbricazione del tubo 12 nel suo complesso.

Detto tubo 12 è costruito a partire da sezioni semicilindriche 20 che vengono preformate per laminazione o trafilatura da un filo metallico ricotto. Sebbene sono illustrate due sezioni 20, il tubo 10 può essere formato da un qualunque numero di sezioni. La laminazione o la trafilatura delle sezioni cilindriche indurisce per lavorazione il metallo prima che vi sia racchiusa la fibra. Le sezioni cilindriche sono prodotte da filo in acciaio o altra lega che si può facoltativamente indurire per precipitazione per ottenere una resistenza elevata allo

snervamento per trattamento termico prima della saldatura. L'indurimento per precipitazione è definito come un processo di indurimento nel quale un costituente precipita da una soluzione solida ipersatura. In tal modo, al metallo indurito per lavorazione può essere impartita una più accentuata resistenza allo snervamento mediante l'indurimento per precipitazione. Possono essere usate/adatte macchine e procedimenti standard di laminazione -quali quelli impiegati dalla Shaped Wire Co. dell'Illinois- per ridurre il filo per schiacciamento nelle sezioni semicilindriche 20 che formano il tubo 12. Esempi adatti di filo in acciaio inossidabile o altro materiale adatto sono l'acciaio inossidabile PH 17-7, un prodotto della Armco; la lega non ferrosa MP-35, un prodotto della Latrobe Steel Co., Latrobe, PA. Le sezioni formate dai fili dovranno avere un limite di snervamento maggiore di circa 100.000 lbs/poll.q. (7030 Kg/cm^2) e preferibilmente maggiore di circa 150.000 lbs/poll.q. Se necessita un limite di snervamento più elevato, detti materiali in filo possono essere induriti per precipitazione fino ad ottenere limiti di snervamento superiori a circa 250.000 lbs/poll.q. Ciò corrisponde ad una deformazione al limite di elasticità maggiore di circa 0,85. Detta deformazione è definita come la massima sollecitazione che può essere applicato senza sostanziale deformazione permanente del campione di prova. Ciò per-

mette di far passare il tubo attorno ad una carrucola deà diametro di 36 poll. (914,4 mm) e preferibilmente di 24 poll. (609,6 mm) o meno, o di avvolgerlo attorno ad un tambuto avvolgicavo di diametro di 36 poll. e preferibilmente di 24" o meno sotto carico di lavoro, senza cedimento anelastico.

Le sezioni 20 combaciano longitudinalmente fra loro formando il tubo 12. Le linee di giunzione longitudinali vanno soggette soltanto ad una piccola sollecitazione di taglio secondaria quando il tubo è curvato attorno ad una puleggia o ad una bobina. Le sezioni 20 vengono pressate assieme e saldate dove i bordi s'incontrano mediante saldature 21 in modo da chiudervi ermeticamente all'interno le fibre 14. Durante la costruzione del tubo, le fibre cordate e protette con rivestimento "respingente" vengono fatte avanzare tra le sezioni cilindriche così come arrivano unite assieme, con un gioco sufficiente ad evitare pinzamenti. La saldatura è preferibilmente effettuata al laser, il quale consente una fusione pulita che può essere confinata ad un piccolo volume che non penetra da parte a parte la parete e che pertanto non ricuoce l'intero spessore di parete e non è distruttivo per le fibre ammortizzate. Facoltativamente, ai fini di una ulteriore protezione, il tubo completato può essere rivestito con una plastica dura costituita da un materiale adatto quale polivinilidene difluoruro (Kynar) o polietere-

terchetone (PEEK) (nomi depositati), o galvanizzato.

Una struttura alternativa per il tubo è descritta in una domanda intitolata "Fibra ottica sigillata ermeticamente" di Gordon Gould, Robert Thompson, e Charles Soodak e depositata contemporaneamente a questa e qui completamente incorporata per riferimento.

Nell'esempio di esecuzione preferito, lo spazio per il tubo centrale ermeticamente chiuso 12 è delimitato da almeno sei elementi 22, quali dei trefoli conduttori, applicati attorno all'anima centrale 12 con senso di avvolgimento destrorso e una lunghezza di avvolgimento di 3,5 pollici (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 9,8°). Per disporre di un diametro più grande per l'anima centrale 12, viene usato un numero maggiore -ad esempio otto, come illustrato- di elementi conduttori per definire lo spazio per anima centrale 12. Gli elementi conduttori 22 dovranno essere prodotti in un materiale che minimizzi le deformazioni e sia atto ad interbloccarsi con l'armatura interna 24. Degli elementi conduttori adatti sono costituiti in filo di acciaio massiccio placcato con rame, avente un diametro di circa 0,0403 ± 1%.

Gli elementi conduttori dovranno avere una conducibilità minima del 60%, minimo dell' "International Annealed Cooper Standard"(IACS) con un limite di snervamento di circa 0,9% minimo, scarto 0,2%. Un materiale che risponde a questi requisiti è il Copperweld (nome depositato). Il filo massiccio in acciaio placcato al rame è rivestito con un isolante quale Kynar, fino ad un diametro esterno di circa 0,071 pollici (1,803 mm). Il tubo ermeticamente chiuso 12 e gli elementi conduttori 22 dovranno avere un dia-

metro esterno combinato di circa 0,262 pollici.

Gli elementi conduttori 22 sono circondati da un numero almeno doppio di fili di armatura interna 24. Nella presente soluzione preferita, i sedici fili di armatura interna 24 dovranno essere costituiti da fili per funi trafilati, galvanizzati, in acciaio duro (AISI), o altro materiale adatto, con un diametro di circa 0,0575 pollici (1,447 mm) ±1%, minima resistenza a trazione di circa 244 KPSI minime torsioni (8" =203,2mm) di circa 39, e un'aderenza del rivestimento verificata in base alla prova di avvolgimento su mandrino 3D. I fili di armatura interna 24 sono applicati come parte del fascio centrale 30 con senso destrorso dell'avvolgimento e lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (angolo di avvolgimento di 15,5°). Il fascio centrale 30 ha un diametro esterno di circa 0,368 pollici (8,347 mm). E' importante che i sedici fili di armatura interna 24 siano elettrogalvanizzati con finitura liscia e lucida, quale ottenuta con un minimo rivestimento di zinco di circa 0,2 once/piede quadrato (8,5 μ)

I fili di armatura interna 24 sono situati adiacenti ai conduttori isolati e quindi devono presentare una interfaccia liscia per trasmettere i carichi di compressione ai fili isolati.

Durante la costruzione del fascio centrale 30, all'esterno dell'armatura interna 24 viene applicato un materiale di

protezione 26 adatto alle condizioni ambientali in cui è destinato ad operare il cavo 10.

Materiali adatti per cavi di registrazione in pozzi sono i composti di carica a base di gomma nitrile, e simili. I fili di armatura interna 24 sono avvolti attorno agli elementi conduttori 22 come illustrato, in modo da lasciare spazio per otto elementi interstiziali 28. Gli otto elementi interstiziali 28 sono opzionali e possono essere costituiti sia da un lubrificante inibitore della corrosione 26, quale il composto TMS 5878 prodotto dalla Quaker Chemical Company, sia da fili o da conduttori isolati, oppure da fibre ottiche incamiciate. Gli elementi interstiziali 28 sono applicati col medesimo senso di avvolgimento dei fili conduttori 22 e dei fili di armatura interna 24. Gli elementi interstiziali 28 sono commessi con senso di avvolgimento destrorso e lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 12,5°). Gli elementi interstiziali 28 dovranno avere un diametro esterno massimo di circa 0,028 pollici (o,711 mm), minimo rivestimento di zinco di circa 0,1 oncia/piede^2 (4,25 μ) minima resistenza a trazione di circa 251 KPSI, minimo numero di torsioni (8"=203,2 mm) di circa 83, e un'aderenza del rivestimento verificata mediante la prova di avvolgimento su mandrino 2D. Se gli elementi interstiziali 28 sono usati per controllare la posa dei fili di armatura interna 24,

allora degli elementi 28 dovranno essere preferibilmente costituiti da fili pieni, galvanizzati, lucidi. E' importante che i qualsiasi elementi interstiziali 28 abbiano una superficie esterna arrotondata e liscia, giacché essi sono adiacenti ai fili conduttori isolati e devono necessariamente presentare una superficie liscia per poter trasmettere i carichi di compressione ai fili isolati.

Una caratteristica esclusiva del cavo ottico armato 10 è il fatto che gli elementi del fascio centrale 30 sono costruiti col medesimo senso e lunghezza di avvolgimento in modo da serrarsi fra loro e da non incrociarsi l'uno con l'altro. Un'altra caratteristica esclusiva è il fatto che gli elementi conduttori 22 e i fili di armatura interna 24 vengono assemblati durante la medesima operazione, in maniera che gli elementi 22 e 24 poggino gli uni contro gli altri e non in corrispondenza delle scanalature formate fra i fili conduttori 22. Tale costruzione conferisce al cavo maggiore flessibilità e riduce l'attrito fra i fili conduttori 22 e i fili di armatura interna 24. Queste caratteristiche assicurano una minima deformazione dell'interfaccia fra gli elementi e quindi un minimo allungamento anelastico del cavo.

I fili di armatura interna 24 sono circondati da almeno uno strato di fili di armatura esterna che definisce il diametro esterno del cavo 10. Nell'esempio preferito illustrato,

vi sono ventiquattro elementi costituenti i fili di armatura esterna 32. I fili di armatura esterna 32 dovranno essere costituiti da fili per produzione di funi in acciaio duro migliorato, galvanizzati (AISI) o da altri materiali adatti aventi un diametro di circa 0,049 poll. (1,244 mm) ±5%, minimo rivestimento di zinco di circa 0,4 oncia/piede^2 (17,03), prova secondo ASTM A-90, minima resistenza a trazione di circa 246 KPSI, prova secondo ASTM E-8, minimo numero di torsioni (8"=203,2 mm) di circa 47, prova secondo FED SPEC RR-W-410, e un rivestimento la cui aderenza risponde alle prescrizioni ASTM A-641, prova con l'uso del mandrino 3D. I fili 32 sono preferibilmente preformati e applicati con un senso di avvolgimento opposto a quello degli elementi 22 e 24. Per questo esempio il senso di avvolgimento dei fili di armatura esterna 32 dovrà essere quello sinistrorso e la lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 20,5°). Quando vengono applicati i fili di armatura esterna 32, il fascio centrale 30 viene rivestito con un materiale resistente alla corrosione e lubrificante 34, quale il TMS5878, e simile. Le dimensioni complessive del cavo ottico 10 saranno di circa 0,469 pollici (11,912 mm) Il cavo armato contenente il tubo ermeticamente chiuso è prodotto formando anzitutto il tubo in una singola ope-

razione e poi costruendo il cavo attorno al tubo in una unica operazione in linea.

Il tubo ermeticamente chiuso contenente le fibre ottiche può essere costruito in conformità alla seguente procedura. Dei fili in acciaio inossidabile ricotto o in altra lega non ferrosa adatta vengono lavorati con rulli sagomati per ridurli in sezioni cilindriche, in modo che, col passaggio attraverso dei rulli di guida, le sezioni formino un tubo avente un diametro interno sufficiente per contenere le fibre ottiche senza interferire con esse. Le sezioni rullate vengono poi indurite per precipitazione ad una temperatura di circa 900°F (482 °C). Preferibilmente, il tubo è formato da due sole sezioni semicilindriche, in quanto ciò minimizza il numero delle saldature. Sezioni rullate adatte sono prodotte dalla The Shaped Wire Co., St. Charles, Illinois. Le sezioni cilindriche possono essere pressate assieme mediante rulli pressori standard, quali quelli usati dalla Laser Applications Inc., Baltimore, Md. prima e durante la saldatura al laser. Le fibre rivestite e avvolte ad elica vengono inserite fra le sezioni mentre queste vengono pressate fra loro e viene aggiunto altro materiale elastomerico per far aderire le fibre a queste prima della saldatura.

La saldatura al laser è effettuata con un laser al CO_2 industriale da 500 watt della Control Laser Corp. Il laser

è focalizzato ad una larghezza di circa 0,15 mm. Il tubo viene saldato ad una profondità che è inferiore allo spessore delle sezioni. Una profondità di circa 0,40 mm è adatta per la costruzione di un tubo esterno avente un diametro di circa 0,110-0,120 pollici (2,794 - 3,048 mm)

Facoltativamente, i settori cilindrici possono essere riscaldati ad una temperatura compresa fra 300 e circa 500°F (149°C - 260°C) durante la saldatura. Il riscaldamento facilita il processo di saldatura e determina anche una contrazione dello 0,2% del tubo quando questo si raffredda. Ciò compensa lo 0,2% circa di stiramento della fibra dovuto a dilatazione termica quando il cavo viene fatto scendere in un foro di trivellazione in cui esistono temperature dell'ordine fino a circa 500°F.

Il processo di saldatura lascia i giunti in una condizione sollecitata: un trattamento termico a circa 500°F. per poche ore, dopo la saldatura, permette lo scarico di tali sollecitazioni senza ricottura del tubo indurito per precipitazione. L'indurimento per precipitazione del tubo non è possibile una volta che la fibra ottica è racchiusa in questo perchè questo surriscalda e distrugge i polimeri di protezione.

Dopo la saldatura, il tubo può essere facoltativamente placcate con nickel o galvanizzato per resistere alla corrosione, e infine il tubo può, facoltativamente, essere

rivestito con un estruso di una plastica ad alto punto di fusione quale il PEEK o il kynar (nomi depositati), per ridurre la diffusione dell'acqua salmastra nelle punte di spillo eventualmente lasciate dalla saldatura, nonché per proteggere il metallo dalla corrosione. Adatte estrusioni di rivestimento sono prodotte dalla Berk Tek Co., Pennsylvania. Dopo la costruzione del tubo 12, viene formato il fascio centrale 30 prelevando il materiale da una stazione di bobine planetarie, e sul fascio centrale vengono applicati direttamente i fili di armatura esterna 32 prelevati da una stazione in tandem di bobine planetarie. I fili di armatura esterna 32 vengono applicati con un senso di avvolgimento opposto, in modo che i momenti torcenti esercitati da detti fili di armatura interna ed esterna siano sostanzialmente equilibrati. Un metodo adatto di equilibratura dei fili di armatura esterna 32 e dei fili di armatura interna 24 avvolti in controspirale, è descritto nel brevetto U.S. N. 4317000 completamente incorporato qui come riferimento. Le macchine per la fabbricazione del cavo secondo la nostra invenzione sono note nel settore come macchine di cordatura planetaria. Una fonte adatta per la costruzione del cavo è rappresentata dalla Blake Wire and Cable Company di Torrence, California. Naturalmente, il cavo può anche essere costruito mediante una macchina per fabbricazione di cavi ad avvolgitore a tubo; tuttavia, in questo caso

i fili di armatura esterna vanno applicati in una fase separata.

Avendo descritto la nostra invenzione con riferimento a una forma di esecuzione particolarmente preferita, ed ad alcune alternative preferite si deve intendere che l'invenzione non è limitata unicamente alla presente descrizione. Modifiche che potrebbero essere ovvie sono ritenute essere entro lo scopo dell'invenzione. Ad esempio il cavo non è limitato ad alcuno specifico diametro, numero di fibre ottiche e simili. Condizioni ambientali differenti o differenti applicazioni di lavoro che richiedono carichi più importanti imposti al cavo, potrebbero richiedere l'uso di un cavo di maggior diametro con in maggior numero e/o di dimensioni più grandi elementi conduttori, fili di armatura interna e fili di armatura esterna. Inoltre, all'aumento del diametro del cavo deve essere aumentata la lunghezza dell'avvolgimento. E' inoltre necessario che gli elementi conduttori e l'armatura interna vengano costruiti in una unica operazione col medesimo senso di avvolgimento, e che l'armatura interna sia predisposta in modo da non situarsi negli incavi formati dagli elementi conduttori. L'armatura esterna deve essere avvolta con senso di avvolgimento opposto a quello dell'armatura interna, e deve possedere una resistenza alla compressione sufficiente ad ottenere che l'armatura in-

terna e l'armatura esterna siano sostanzialmente equilibrate in momento torcente.

Ciò che si rivendica è:

1. Un cavo ottico armato comprendente: un'anima centrale costituita da un tubo ermeticamente chiuso, detta anima comprendendo almeno due sezioni cilindriche metalliche accoppiate tra loro attorno a una o una pluralità di fibre ottiche ammortizzate e formanti un tubo, dette sezioni metalliche ermeticamente unite in detto tubo, in cui dette sezioni metalliche erano preformate per rullatura da un filo ricotto;
almeno sei elementi avvolti ad elica attorno a detta anima secondo un dato senso di avvolgimento; almeno in numero doppio di detti almeno sei elementi un filo di armatura interna avvolto attorno a detti almeno sei elementi nello stesso senso, secondo una configurazione elicoidale ad uniavvolgimento, detti almeno sei elementi e detti fili di armatura interna essendo costruiti attorno a detta anima nel medesimo tempo in cui gli elementi e i fili con medesimo senso di avvolgimento e l'anima formano un fascio centrale; una pluralità di fili di armatura esterna in contatto con detti fili di armatura interna, essendo detti fili di armatura esterna avvolti in senso elicoidale opposto al senso di avvolgimento di detti fili di armatura interna, cosicché i momenti torcenti esercitati da detti fili di armatura interna e da detti fili di armatura esterna risultano sostanzialmente equilibrati.

2. Il cavo secondo la rivendicazione 1 in cui detta anima com - prende tre fibre ottiche avvolte ad elica incorporate in un materiale ammortizzante entro detta anima.

3. Il cavo secondo la rivendicazione 2 in cui dette sezioni di detta anima sono atte a subire indurimento per precipitazione dopo essere state rullate in sezioni cilindriche e prima di essere congiunte mediante saldatura laser.

4. Il cavo secondo la rivendicazione 3 in cui dette sezioni sono fabbricate da fili di acciaio inossidabile o da fili di leghe non ferrose.

5. Il cavo secondo rivendicazioni 1 o 4 in cui detti almeno sei elementi sono elementi conduttori di conduttori di un filo in acciaio placcato con rame.

6. Il cavo secondo la rivendicazione 5 in cui il filo di armatura interna è un filo di acciaio galvanizzato.

7. Il cavo secondo la rivendicazione 6 in cui gli elementi conduttori e i fili di armatura interna formano spazi interstiziali i quali sono occupati da fibre ottiche incamiciate o da cariche di filo di acciaio galvanizzato.

8. La fibra secondo la rivendicazione 7 in cui i fili di armatura esterna sono fili di acciaio duro preformati, galvanizzati e l'elemento di anima centrale è un filo massiccio.

che gli elementi conduttori e i fili di armatura interna formano degli spazi interstiziali i quali sono occupati da fibre ottiche incamiciate o da cariche di filo di acciaio galvanizzato.

15. Tubo secondo rivendicazione 14, caratterizzato da ciò che i fili di armatura esterna sono costituiti da fili di acciaio duro, preformati, galvanizzati, e l'elemento d' anima centrale è un filo massiccio.

9. Cavo secondo rivendicazione 8 in cui le sezioni sono unite lungo linee di giunzione longitudinali e detti almeno sei elementi sono in numero di otto.

10. Cavo secondo le rivendicazioni 1, 7, 8, o 9 in cui l'anima centrale, gli elementi conduttori e i fili di armatura interna, sono rivestiti con un composto di carica a base gomma nitrile.

11. Cavo ottico armato che comprende: un'anima centrale costituita da un tubo ermeticamente chiuso avente un diametro esterno compreso fra circa 0,110 e circa 0,120 pollici(2,794 - 3, 048 mm), e un diametro interno di circa 0,06 pollici(1,524 mm), detta anima contenendo una pluralità di fibre ottiche incorporate in un elastomero, ed essendo formata da due sezioni metalliche cilindriche congiunte longitudinalmente fra loro attorno a dette fibre in modo da formare un tubo; otto elementi conduttori avvolti attorno a detta

anima centrale con un avvolgimento destrorso e una lunghezza di avvolgimento di circa 3,5 poll. (88,9 mm) e un diametro di 0, 71 pollici (18,03 mm), cosicché il diametro esterno dell'anima centrale più i fili conduttori ammonta a circa 0,262 pollici;

sedici elementi di armatura interna in filo di acciaio galvanizzato avente un diametro esterno di circa 0,058 pollici (1,473 mm), avvolti attorno a detti elementi conduttori con lo stesso senso e lunghezza di avvolgimento di detti elementi conduttori, essendo detti elementi conduttori e detta armatura interna costruiti durante la stessa operazione in cui detta anima centrale, detti elementi conduttori e detti fili di armatura interna formano un fascio centrale avente un diametro esterno di circa 0,368 pollici(9,347 mm); e ventiquattro elementi esterni in filo di acciaio galvanizzato avvolti attorno a detti sedici elementi con avvolgimento sinistrorso e lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll.(88,9 mm), detti ventiquattro elementi avendo un diametro di circa 0,049 pollici (1,244 mm), per cui il totale diametro esterno del cavo ammonta a circa 0,469 pollici(11,912 mm)

12. Cavo secondo rivendicazione 11 in cui il fascio centrale è riempito con un composto di carica elastomerico.

13. Cavo secondo rivendicazione 12 in cui

gli interstizi formati fra detti elementi di armatura interna e elementi di armatura esterna sono riempiti con un inibitore della corrosione e lubrificante.

14. Cavo secondo rivendicazione 13 in cui detta anima è inoltre rivestita con uno strato di metallo resistente alla corrosione o una plastica resistente alle alte temperature fino ad un diametro esterno di circa 0,120 ± 0,002 pollici(3,048 ± 0,0508 mm) .

15. Cavo secondo rivendicazione 14 in cui detta anima contenente le fibre viene riscaldata fino ad una temperatura compresa fra circa 300 e 500°F(149°C - 260°C) durante la giunzione delle sezioni mediante saldatura al laser.

16. Procedimento per la costruzione di un cavo armato a fibre ottiche, che comprende:- la rullatura di almeno due fili ricotti in sezioni, essendo dette sezioni atte ad essere accoppiate fra loro per formare un'anima centrale a tubo cilindrico avente un diametro interno sufficiente per ricevere almeno una o una pluralità di fibre ottiche; il formare detta anima centrale attorno a dette fibre ottiche ammortizzate, a partire dalle sezioni rullate; la giunzione ermetica di dette sezioni nella anima centrale a tubo;

l'avvolgimento di elementi conduttori ad elica attorno a detta anima centrale a tubo, detto avvolgimento è di un dato senso di avvolgimento e lunghezza di avvolgimento; l'avvolgimento di uno strato di fili di armatura interna con lo stesso senso di avvolgimento di detti elementi conduttori e con la stessa lunghezza di avvolgimento ed applicati contemporaneamente a detti elementi conduttori,ad elica attorno a detti elementi conduttori; e

l'applicazione di uno strato di fili di armatura esterna di chiralità opposta a quella di detto strato di fili di armatura interna e con lunghezza di avvolgimento tale che i momenti torcenti esercitati da detta armatura interna e da detta armatura esterna, quando il cavo è sotto tensione, risultano sostanzialmente equilibrati.

17. Procedimento secondo rivendicazione 16 in cui

la fabbricazione inoltre comprende l'incorporamento di elementi di cavo nello spazio interstiziale delimitato fra detti elementi conduttori e detto strato di fili di armatura interna, contemporaneamente alla formazione di detti elementi conduttori e di detto strato di fili di armatura interna.

18. Procedimento secondo rivendicazione 16 in cui la giunzione è effettuata mediante saldatura al laser.

19. Procedimento secondo rivendicazione 18 in cui dette sezioni vengono sottoposte a indurimento per precipitazione prima della saldatura, per aumentare la resistenza allo snervamento delle sezioni finite.

20. Procedimento secondo rivendicazione 19 che inoltre comprende l'iniezione di un elastomero nell'interno di una sezione e su dette fibre ammortizzate prima della formazione di detto tubo.

21. Procedimento secondo la rivendicazione 20 inoltre che comprende la formazione di un rivestimento di plastica resistente alle alte temperature attorno a detta anima centrale a tubo prima di avvolgere detti elementi conduttori attorno a detta anima centrale a tubo.

RIASSUNTO DELL'INVENZIONE

E' descritto un cavo armato contenente un tubo ermeticamente chiuso incorporante una fibra ottica.

Il cavo ottico armato produce una minimo allungamento anelastico in risposta alla tensione a temperature elevate ed è atto a resistere a condizioni ambientali dure.

DICHIARAZIONE E PROCURA

COINVENTORI

I sottoscritti richiedenti dichiarano che le informazioni riportate nei sottostanti punti 101, 102 e 201 sono vere, che in verità crediamo di essere gli originali e primi coinventori dell'invenzione descritta e rivendicata nella allegata descrizione, che, per quanto riguarda l'oggetto di questa domanda che è comune alla nostra precedente domanda statunitense, se vi è, descritta nel seguente punto 305, non sappiamo e non crediamo che la stessa sia mai stata conosciuta od usata negli Stati Uniti prima della nostra invenzione della stessa o brevettata o descritta in alcuna pubblicazione stampata in alcun Paese prima della nostra invenzione della stessa o più di un anno prima della detta precedente domanda, o in uso pubblico o in vendita negli Stati Uniti più di un anno prima della detta precedente domanda, che il detto oggetto comune non è stato brevettato o fatto oggetto di certificato d'inventore prima della data di detta precedente domanda in nessun Paese estero agli Stati Uniti su domanda depositata da noi o dai nostri legali rappresentanti o cessionari più di dodici mesi prima di detta domanda e che nessuna domanda di brevetto o di certificato d'inventore su detto oggetto è stata depositata da noi o dai nostri rappresentanti o cessionari in nessun Paese estero agli Stati Uniti eccetto quanto identificato nei sottostanti punti 601 e 602, se vi sono, che per qualunque oggetto della presente domanda, il quale non sia comune alla precedente domanda, noi non sappiamo e non crediamo che lo stesso fosse usato o conosciuto negli Stati Uniti prima della nostra invenzione dello stesso o brevettato o descritto in alcuna pubblicazione stampata in nessun Paese prima della nostra invenzione dello stesso o più di un anno prima della data di questa domanda, o in uso pubblico o in vendita negli Stati Uniti più di un anno prima della data di questa domanda, che il detto oggetto comune non è stato brevettato o fatto oggetto di certificato d'inventore in nessun Paese estero agli Stati Uniti su domanda depositata da noi o dai nostri legali rappresentanti o cessionari più di dodici mesi prima della data di questa domanda, e che nessuna domanda di brevetto o di certificato d'inventore su detto oggetto non comune è stata depositata da noi o dai nostri rappresentanti o cessionari in nessun Paese estero agli Stati Uniti, eccetto quelle identificate nei sottostanti punti 601 e 602, e che noi conosciamo il nostro dovere di dare informazioni su quanto noi siamo consapevoli sia materia d'esame di questa domanda.

GENERALITA' DEL RICHIEDENTE (Nome, Nome intermedio, Cognome) NAZIONALITA' (Paese
ROBERT EVERETTE THOMPSON U.S.A.

DOMICILIO
Città **Roanoke** Stato (o Paese straniero) **Virginia**

GENERALITA' DEL RICHIEDENTE (Nome, Nome intermedio, Cognome) NAZIONALITA' (Stato
GORDON GOULD U.S.A.

DOMICILIO
Città **Great Falls** Stato (o Paese straniero) **Virginia**

GENERALITA' DEL RICHIEDENTE (Nome, Nome intermedio, Cognome) NAZIONALITA' (Stato
CHARLES I. SOODAK **U.S.A.**

DOMICILIO
Città **Silver Spring** Stato (o Paese straniero) **Maryland**

TITOLO DELL'INVENZIONE
CAVO ARMATO CONTENENTE UN TUBO ERMETICAMENTE CHIUSO INCORPORANTE UNA FIBRA OTTICA

LISTA CRONOLOGICA DELLE DOMANDE STRANIERE, SE VI SONO, DEPOSITATE ENTRO 12 MESI DALLA DATA DI QUESTA DOMANDA

Paese	Domanda N.	Data di deposito	PRIORITA'RIVENDICATA AI SENSI DI 25 USC 119 Sì	No

LISTA CRONOLOGICA DELLE DOMANDE STRANIERE, SE VI SONO, DEPOSITATE PIU' DI 12 MESI PRIMA DI QUESTA DOMANDA

Paese	Domanda N.	Data di deposito

SEGNARE L'APPROPRIATA CASELLA, SE APPLICABILE: QUESTA DOMANDA E' UNA CONTINUAZIO
DIVISIONE CONTINUAZIONE PARZIALE (COME DESCRITTO NELL'ALLEGATA DESCRIZIONE A
PAGINA) DELLA NOSTRA PRECEDENTE DOMANDA U.S.A.
N. di serie Depositata

NOI NOMINIAMO CON LA PRESENTE I SEGUENTI SIGG. COME NOSTRI MANDATARI CON PIENO POTERE DI SOSTITUZIONE A PROSEGUIRE QUESTA DOMANDA ED A TRATTARE TUTTI GLI AFFARI AD ESSA RELATIVI CON L'UFFICIO BREVETTI:

	N. di registrazione	Procura di associato allegat Sì	No
J.A.Buchanan, Jr.	16771		
D.A.Newell	24276		
E.J.Keeling	20675		
A.S.Zavell	28050		

INVIARE CORRISPONDENZA A:
J.A. Buchanan, Jr.
Casella postale 7643 - San Francisco - California 94120

Noi inoltre dichiariamo che tutte le dichiarazioni fatte nella presente sulla base di quanto ci è noto sono vere e che tutte le dichiarazioni fatte sulla base di informazioni e di quanto si crede siano da ritenersi vere ed inoltre che queste dichiarazioni sono state fatte sapendo che le dichiarazioni consapevol

mente false e quelle simili così rese sono punibili con ammenda o prigione ai sensi dell'Articolo 1001 del Titolo 18 del Codice degli Stati Uniti e che tali dichiarazioni consapevolmente false possono pregiudicare la validità della domanda e di qualunque brevetto concesso in base alla medesima.

Robert Everette Thompson — FIRMA DEL RICHIEDENTE
16 Agosto 1982 — DATA

INDIRIZZO POSTALE DEL RICHIEDENTE

Indirizzo stradale	Città	Stato o Paese	Codice postale
3511 Canter drive, S.W.	Roanoke	VA	24018

FIRMA DEL RICHIEDENTE — DATA
Gordon Gould — 16 Agosto 1982

INDIRIZZO POSTALE DEL RICHIEDENTE

Indirizzo stradale	Città	Stato o Paese	Codice postale
9101 Dearpark Road	Great Falls	Va	22066

FIRMA DEL RICHIEDENTE — DATA
Charles I. Soodak — 16 Agosto 1982

INDIRIZZO POSTALE DEL RICHIEDENTE

Indirizzo stradale	Città	Stato o Paese	Codice postale
204 Stonegate Drive	Silver Spring	MD	20904

Si dichiara che la presente traduzione è conforme all'originale.

p.i. di CHEVRON RESEARCH COMPANY

Dott. Ing. Alfredo Raimondi

Formulario PTO 55 (12- 80)

Ministero del Commercio degli Stati Uniti

Ufficio Brevetti e Marchi degli Stati Uniti

QUESTO E'PER CERTIFICARE CHE quanto allegato è una copia conforme dai documenti di questo ufficio della Domanda di Gordon Gould, Charles I. Soodak e Robert Everette Thompson, come originariamente depositata il 17 Agosto 1982, Serie Numero 408.971, per Fibra Ottica Ermeticamente Chiusa.

Per autorizzazione del

COMMISSARIO DELL'UFFICIO BREVETTI E MARCHI

Il funzionario addetto alle registrazioni

(firma illeggibile)

SIA NOTO CHE NOI GORDON GOULD, ROBERT EVERETTE THOMPSON, e CHARLES I. SOODAK, cittadini degli Stati Uniti d'America, e residenti a Great Falls, Contea di Fairfax; Contea di Roanoke, Stato della Virginia; e città di Silver Spring, Contea di Montgomery, Stato del Maryland, rispettivamente abbiamo inventato nuovi ed utili miglioramenti in

FIBRA OTTICA ERMETICAMENTE CHIUSA

S7703	23/08/82	408971	03-1620 1 101	65.00 CH
S7704	23/08/82	408971	03-1620 1 102	44.00 CH

FIBRA OTTICA ERMETICAMENTE CHIUSA

L'invenzione si riferisce a fibre ottiche. Più specificamente l'invenzione si riferisce a fibre ottiche ermeticamente chiuse e a un metodo di incasso delle fibre ottiche in un tubo metallico ermeticamente chiuso.

FONDAMENTI DELL'INVENZIONE

Fibre ottiche di vetro stanno sostituendo i convenzionali conduttori elettrici isolati nei cavi di comunicazione perchè le fibre, guidando segnali di luce modulata invece di segnali elettrici, offrono una capacità di canale aumentata o maggiori velocità di trasmissione dati attraverso lunghe estensioni di cavi senza ripetitori. Cavi elettrici convenzionali hanno larghezze di banda di trasmissione dei segnali che sono limitate a circa 100 KHz per lunghezze fino a 30.000 piedi.
Per contrasto, fibre ottiche possono trasmettere larghezze di banda dei segnali fino a 100 MHz attraverso questa lunghezza. Questo corrisponde a 3 ordini di grandezza più larghi della velocità di trasmissione dei dati.
Fibre ottiche di vetro hanno due caratteristiche che rendono difficile il loro incorporamento con successo in cavi che saranno tesi quando usati, o che saranno usati sott'acqua, particolarmente ad alta pressione e/o alta temperatura, come si può trovare in un foro di trivellazione di pozzi petroliferi. Tali ca-

ratteristiche sono la degradazione da fatica statica e la perdita per micropiegature.

Le fibre di vetro di silice presentano piccole screpolature (microscrepolature) alle loro superfici. La profondità di queste microcricche può aumentare per effetto di una reazione chimica, accelerata per sollecitazione, fra il vetro di silice e l'umidità, cosiddetta fatica statica. La resistenza a trazione della fibra di vetro diminuisce sostanzialmente all'aumento in profondità delle microcricche. Il vetro è un materiale elastico con elevato modulo di Young. La deformazione in una fibra ottica di vetro genera sollecitazione di trazione e si traduce in fatica statica. Perciò, le fibre ottiche di vetro non sono adatte per l'impiego in condizioni di forte deformazione (maggiore di 0,5%), in presenza di umidità, per lunghi periodi di tempo. Nessuna plastica può fornire una protezione adeguata, giacché l'acqua si diffonde, in certa misura, attraverso tutte queste. Attraverso piccole piegature nella fibra ottica, una perdita di luce (perdite per micropiegatura), è qui descritta. Le fibre ottiche trasmettono segnali luminosi in base al principio della riflessione interna totale. Ciò dipende principalmente dalla condizione che i raggi di

luce vengano totalmente riflessi indietro, nella zona del nucleo, ogni volta che essi urtano l'interfaccia nucleo/rivestimento della fibra ottica. La riflessione interna totale può soltanto avvenire quando l'angolo di incidenza fra i raggi e l'interfaccia nucleo-rivestimento sia inferiore ad un certo valore critico. La piegatura di una fibra ottica ha come conseguenza che una certa parte della luce propagantesi nel nucleo della fibra urta contro l'interfaccia nucleo/rivestimento ad angoli di incidenza maggiori del valore critico e viene rifratta fuori dal nucleo ottico, andando perduta. La quantità di luce che va perduta aumenta col diminuire del diametro effettivo della piegatura. Quando la piegatura della fibra ottica è provocata per deviazione dovuta a forze laterali locali, la risultante riduzione d'intensità del segnale (e la riduzione nella lunghezza del cavo che si può usare) viene chiamata perdita per micropiegatura. Quando una fibra ottica è deviata da una disomogeneità locale, quale un nodo nei suoi strati di rivestimento, il diametro effettivo della piegatura dipende dalla deformazione locale cui è sottoposta la fibra. Generalmente, la fibra si piega ad un diametro effettivo più piccolo man mano che aumenta il livello della deformazione cui è sottoposta. Pertanto, a più alti livelli di deformazione corrispondono livelli più elevati della perdita per micropiegatura. Le perdite per

micropiegatura nelle fibre vengono grandemente ridotte rivestendo prima le fibre con un elastomero morbido quale una gomma siliconica, e incassando tale fibra ammortizzata in una camicia rigida atta a resistere alle forze esterne. Tuttavia, le materie plastiche come la gomma silicone perdono la loro integrità nelle condizioni ambientali estremamente severe che si hanno ad esempio nel fondo di un pozzo profondo, ossia, quando assoggettate ad acqua salmastra calda, a pressioni fino a 20.000 lbs/poll.q (1406 Kg/cm^2) e temperature fino a 500°F(260°C)

Una possibile soluzione di questi problemi è descritta nel Brevetto Europeo N. 0 48 674, intitolato "Cavo e nucleo a fibre ottiche" e concesso a Schlumberger Company. In questo disegno una striscia metallica è avvolta ad elica attorno a un nucleo contenente fibre ottiche, e quindi una seconda striscia metallica è avvolta attorno alla prima in modo tale da sovrapporsi alle estremità sporgenti della prima elica. Quindi le strisce sono saldate insieme per chiudere ermeticamente il tubo così formato. Il maggiore inconveniente di questo disegno è che quando il tubo è piegato su una puleggia o bobina la chiusura è soggetta a sforzi longitudinali sull'esterno della piegatura, e cederà e si aprirà. Inoltre, sigillando una giuntura a spirale con un materiale diverso da una lega per saldatura o colla, ad esempio saldando, diventerebbe proibitivamente costoso.

Pertanto sarebbe altamente vantaggioso avere un tubo ermeticamente

chiuso che è formato in modo da evitare la tendenza ad aprirsi quando piegato su una bobina e/o soggetto a sforzi longitudinali.

Sarebbe anche altamente vantaggioso avere un procedimento, e il prodotto risultante da questo, di produzione di un tubo metallico ermeticamente chiuso che può essere formato attorno ad una fibra ottica attorciliata e ammortizzata senza tendere le fibre o introdurre micropiegature.

Metodi usuali per formare tubi metallici saldati partono da una striscia piatta che è formata mediante piegatura in una forma a tubo con appropriati rulli e saldatura di testa alle estremità . Questo procedimento di fabbricazione richiede che le strisce siano sottili e ricotte . Se il materiale che deve essere lavorato è un acciaio a resistenza potenzialmente alta o altra lega, può essere indurito mediante lavorazione da passaggio attraverso una trafilatura o trafila senza spina. Un tubo di metallo scavato è definito come un tubo il cui diametro è stato ridotto per il passaggio attraverso una matrice senza l'uso di un supporto interno. La striscia deve essere configurata in modo tale che il tubo metallico finale abbia uno spessore di parete sufficiente da precludere incurvature sotto pressione. Inoltre il tubo deve avere in limite di deformazione sufficientemente alto per evitare tensioni anelastiche quando piegato su una puleggia o bobina per cavi. L'incurvamento per pressione può essere eliminato mediante la costruzione di parecchi strati saldati di diametro che aumenta internamente ed esternamente

come è stato fatto con successo attorno a fili convenzionali isolati. Tuttavia, le fibre di vetro non possono sopportare lo sforzo del Processo di trafilatura o trafila senza spina per indurire mediante lavorazione il metallo. Perciò è desiderabile

un metodo di formazione di tubi che evita il procedimento di trafilatura o trafila senza spina ma tuttavia dia come risultato sforzi a limite di tensione alto.

SOMMARIO DELL'INVENZIONE

Noi abbiamo inventato un metodo per la fabbricazione di un tubo ermeticamente chiuso attorno a una o una pluralità di fibre ottiche ammortizzate e il prodotto ottenuto da questo. L'ammortizzazione prevede un procedimento di rivestimento della fibra ottica con un adatto materiale di protezione quale un elastomero.
La fabbricazione è effettuata in modo che le fibre siano sigillate nel tubo senza tenderle in modo da evitare la generazione di deformazioni, micropiegature, o microscrepolature accentuate dalla presenza di acqua.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Fig. 1 si riferisce a una vista in sezione trasversale di una forma di realizzazione dell'invenzione.
Fig. 2 si riferisce a una vista in sezione trasversale di una forma alternativa di realizzazione.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

Il tubo ermeticamente chiuso dell'invenzione sarà più chiaramente illustrato con riferimento alla figura 1. La fig. 1 illustra una sezione trasversale di un tubo ermeticamente chiuso 10 contenente

una pluralità di fibre ottiche 12. Fibre ottiche adatte con un sottile rivestimento protettivo di una plastica a base acrilica indurita agli U.V. sono fabbricate dalla Valtec Co. nel Massachusetts. Le fibre ottiche sono quindi rivestite con materiale ammortizzante 14 quale un elastomero al silicone RTV. Le fibre rivestite sono preferibilmente avvolte ad elica tra loro per formare una singola unità. E' aggiunto un addizionale elastomero o altro materiale di annegamento adatto 16 per riempire il tubo parzialmente o, come illustrato, completamente, durante la fabbricazione del tubo 10 nel suo complesso. Il tubo 18 è fabbricato da sezioni semicilindriche 20 che vengono preformate per laminazione o trafilatura da un filo ricotto. Sebbene siano illustrate due sezioni 20, il tubo 10 può essere formato da un qualunque numero di sezioni. La laminazione o trafilatura delle sezioni cilindriche indurisce per lavorazione il metallo prima che la fibra sia racchiusa in questo. Le sezioni cilindriche sono prodotte da filo di acciaio o altra lega che può facoltativamente essere indurito per precipitazione per ottenere una resistenza elevata allo snervamento per trattamento termico prima della saldatura. Indurimento per precipitazione è definito come un processo di indurimento nel quale un costituente precipita da una soluzione solida ipersatura. In tal modo il metallo indurito per lavorazione può essere ancor più migliorato nella resistenza allo snervamento dall'indurimento per precipitazione.

Adatte macchine e procedimenti usuali di laminazione , quali quelli usati dalla Shaped Wire Co. dell'Illinois, possono essere usate

per ridurre il filo per schiacciamento nelle sezioni semicilindriche 20 che formano il tubo 18. Esempi adatti di filo in acciaio inossidabile o altro materiale adatto sono l'acciaio inossidabile PH 17-7, un prodotto della Armco, la lega non ferrosa MP-35, un prodotto della Latrobe Steel Co., Latrobe, PA. Le sezioni formate dai fili dovranno avere un limite di snervamento maggiore di circa 100.000 lbs/poll.q e preferibilmente maggiori di circa 150.000 lbs/poll. q.. Se è necessario un limite di snervamento maggiore, questi materiali in filo possono essere induriti per precipitazione fino a limiti di snervamento maggiori di circa 250.000 lbs/poll.q. Questo corrisponde a una deformazione limite maggiore di circa 0,85. E' definita deformazione limite come la deformazione massima che può essere applicata senza deformazione permanente sostanziale del campione di prova. Questo permette al tubo di passare sopra una puleggia di 36 poll. e preferibilmente di 24 poll. di diametro o meno o di avvolgersi attorno a un tamburo avvolgicavo di diametro di 36 poll. e preferibilmente di 24 poll. o meno sotto carico di lavoro senza cedimento anelastico.

Le sezioni 20 vengono pressate insieme e saldate dove i bordi si incontrano mediante saldature 22 per chiudervi ermeticamente le fibre 12. Durante la fabbricazione del tubo, le fibre cordate e ammortizzate sono fatte avanzare tra le sezioni cilindriche come arrivano insieme con abbastanza gioco per evitare pinzamenti. La saldatura è preferibilmente fatta con saldatura laser che consente una fusione pulita che può essere confinata ad un piccolo

volume che non penetra da parte a parte la parete e perciò non ricuoce l'intero spessore della parete e non distrugge le fibre ammortizzate.

Per ulteriore protezione il tubo completato può essere rivestito con una plastica dura di un adatto materiale quale polivinilene difluoruro (Kynar) o polietereterchetone (PEEK) (nomi depositati).

Come una realizzazione specifica dell'invenzione adatta per uso ad alta temperatura e/o più alta pressione in cavi per registrazione in pozzi, applicazioni sismiche e simili, il tubo sigillato può essere formato da acciaio inossidabile PH 17-7 laminato o una lega non ferrosa MP-35 in due sezioni che combaciano longitudinalmente insieme per formare il tubo. Le linee di giunzione longitudinali sono soggette solo a una piccola sollecitazione di taglio secondaria quando il tubo è curvato su una puleggia o bobina. Per la forma di realizzazione preferita, il filo dovrebbe avere uno spessore sufficiente in modo che i settori finali quando pressati insieme abbiano un diametro interno di 0,06 pollici e un diametro esterno dopo saldatura compreso tra circa 0,110 e circa 0,120 pollici. Le fibre ottiche sono poste entro le sezioni dopo la formazione e prima della saldatura. Facoltativamente, il tubo finale ermeticamente chiuso può essere galvanizzato o ricoperto con materiale plastico quale PEEK o Kynar fino ad uno spessore di diametro esterno di circa 0,120 pollici. Un tubo avente questo diametro trova applicazione come anima centrale in un cavo armato a fibre ottiche per registrazioni in pozzi di petrolio o altri usi. Il cavo armato a fibre ottiche è descritto in una domanda intitola-

ta "Cavo Armato a Fibre Ottiche" dell'inventore Robert Everette Thompson, depositata contemporaneamente a questa e qui incorporata per riferimento. Uno spessore di parete adatto per i due settori sarebbe circa 0,27 $\pm$ 0,002 pollici.

Ci si volga ora alla fig. 2. La fig. 2 illustra una forma di realizzazione alternativa dell'invenzione. La fig. 2 illustra un tubo contenente fibre ottiche 22 rivestite con un adatto elastomero 24 e fissate a una delle metà del tubo da un adatto elastomero 26 che parzialmente o, come illustrato, completamente riempe il tubo 28. Il tubo 28 costituito da metà 30 è formato da un filo laminato di un adatto acciaio inossidabile o lega non ferrosa. I tubi sono facoltativamente fabbricati con estremità a coda di rondine in modo da inserirsi saldamente l'uno nell'altro. Esternamente alle sezioni cilindriche 30 è previsto un tubo di metallo rullato e saldato 40 . Il tubo di metallo 40 è saldato a laser con un laser adatto quale un laser CO_2. Il tubo 40 è preferibilmente prodotto in un materiale estremamente resistente alla corrosione quale Inconel (nome depositato).

Facoltativamente, la profondità della saldatura a laser può essere regolata durante la saldatura in modo che la saldatura passi attraverso il tubo metallico esterno e in una delle metà del tubo interno 30. Questo sigilla ermeticamente con sicurezza le fibre ottiche entro il tubo. Una opzione alternativa è di immergere o placcare il rivestimento esterno con un materiale adatto che resista alla corrosione.

Il tubo ermeticamente chiuso contenente le fibre ottiche può essere costruito in conformità alla seguente procedura. Dei fili in acciaio inossidabile ricotto o in altra lega non ferrosa adatta vengono lavorati con rulli sagomati per ridurli in sezioni cilindriche, in modo che, col passaggio attraverso dei rulli di guida, le sezioni formino un tubo avente un diametro interno sufficiente per contenere le fibre ottiche senza interferire con esse. Le sezioni rullate vengono poi indurite per precipitazione ad una temperatura di circa 1.000° C. Preferibilmente, il tubo è formato da due sole sezioni semicilindriche, in quanto ciò minimizza il numero delle saldature. Sezioni rullate adatte sono prodotte dalla The Shaped Wire Co., St. Charles, Illinois. Le sezioni cilindriche possono essere pressate assieme mediante rulli pressori standard, quali quelli usati dalla Laser Applications Inc., Baltimore, Md. prima e durante la saldatura al laser. Le fibre rivestite e avvolte ad elica vengono inserite fra le sezioni mentre queste vengono pressate fra loro e viene aggiunto altro materiale elastomerico per far aderire le fibre a queste prima della saldatura.

La saldatura al laser è effettuata con un laser al CO_2 industriale da 500 watt della Control Laser Corp. Il laser

è focalizzato ad una larghezza di circa 0,15 mm. Il tubo viene saldato ad una profondità che è inferiore allo spessore delle sezioni. Una profondità di circa 0,40 mm è adatta per la costruzione di un tubo esterno avente un diametro di circa 0,110-0,120 pollici (2,794 - 3,048 mm)

Facoltativamente, i settori cilindrici possono essere riscaldati ad una temperatura compresa fra 300 e circa 500°F (149°C - 260°C) durante la saldatura. Il riscaldamento facilita il processo di saldatura e determina anche una contrazione dello 0,2% del tubo quando questo si raffredda. Ciò compensa lo 0,2% circa di stiramento della fibra dovuto a dilatazione termica quando il cavo viene fatto scendere in un foro di trivellazione in cui esistono temperature dell'ordine fino a circa 500°F.

Il processo di saldatura lascia i giunti in una condizione sollecitata: un trattamento termico a circa 500°F. per poche ore, dopo la saldatura, permette lo scarico di tali sollecitazioni senza ricottura del tubo indurito per precipitazione. L'indurimento per precipitazione del tubo non è possibile una volta che la fibra ottica è racchiusa in questo perchè questo surriscalda e distrugge i polimeri di protezione.

Dopo la saldatura, il tubo può essere facoltativamente placcato con nickel o galvanizzato per resistere alla corrosione, e infine il tubo può, facoltativamente, essere

rivestito con un estruso di una plastica ad alto punto di fusione quale il PEEK o il kynar (nomi depositati), per ridurre la diffusione dell'acqua salmastra nelle punte di spillo eventualmente lasciate dalla saldatura, nonché per proteggere il metallo dalla corrosione. Adatte estrusioni di rivestimento sono prodotte dalla Berk Tek Co., Pennsylvania.

Noi abbiamo descritta la nostra invenzione con riferimento a forme di realizzazione particolarmente preferite. Tuttavia si deve interdere che l'invenzione non è limitata solamente alle forme di realizzazione preferite qui descritte. Modifiche che potrebbero essere ovvie al tecnico esperto medio sono intese rientrare nell'ambito dell'invenzione. Per esempio, la saldatura con lega, anche se più costosa e più lenta, può sostituire la saldatura. In ugual modo, qualunque acciaio ad alta resistenza a trazione, o plastiche tolleranti le alte temperature possono essere usati per fabbricare il tubo o usati come rivestimenti. Inoltre i requisiti di acciaio o leghe non ferrose ad elevata trazione possono essere minimizzati o ridotti dove è richiesto un tubo ermeticamente chiuso che non sia soggetto agli sforzi sopportati, per esempio, da un cavo per registrazione in pozzi.

CIO'CHE SI RIVENDICA E':

1. Un tubo per fibre ottiche ermeticamente chiuso comprendente: un'anima interna avente una o una pluralità di fibre ottiche ammortizzate; e almeno due sezioni metalliche cilindriche che

si accoppiano tra loro attorno a detta anima interna e che formano un tubo, dette sezioni metalliche ermeticamente conguinte in detto tubo,in cui dette sezioni metalliche eramo preformate per rullatura da un filo ricotto.

2. Il tubo secondo la rivendicazione 1 in cui dette sezioni sono atte a subire indurimento per precipitazione dopo essere state laminate per assumere la forma di sezioni cilindriche e prima di essere congiunte da saldatura laser.

3. Il tubo secondo la rivendicazione 1 in cui dette sezioni sono fabbricate da fili in acciaio inossidabile PH 17-7 o lega non ferrosa MP-35.

4. Il tubo secondo le rivendicazioni 1, 2 o 3 in cui dette sezioni metalliche sono congiunte ermeticamente lungo linee di giunzione longitudinali.

5. Il tubo secondo la rivendicazione 3 in cui le sezioni sono fabbricate in modo tale che i fili sagomati per laminazione formino un tubo avente un diametro esterno da circa 0,110 a circa 0,120 pollici con uno spessore di parete di circa 0,027

6. Il tubo secondo rivendicazione 4 in cui il tubo è formato da due sezioni.

7. Il tubo secondo rivendicazione 5 in cui il tubo è inoltre rivestito con uno strato di metallo resistente alla corrosione o di una plastica resistente alla alte temperature fino ad un diametro esterno di circa 0,120 $\pm$ 0,002 pollici.

8. Il tubo secondo la rivendicazione 4 in cui il tubo contenente

le fibre è riscaldato ad una temperatura tra circa 300°F e circa 500°F durante la giunzione delle sezioni mediante saldatura laser.

9. Il tubo secondo rivendicazione 4 in cui le sezioni sono pressate insieme e un rivestimento esterno costituito da un tubo metallico formato per rullatura è fabbricato attorno alle sezioni interne e il detto tubo metellico esterno è saldato ad una profondità maggiore dello spessore di detto tubo metallico esterno.

10. Il tubo secondo rivendicazioni 5 o 7 in cui le fibre ottiche sono fibre ottiche a modo unico.

11. Un procedimento di fabbricazione di un tubo sigillato ermeticamente per l'incasso di fibre ottiche comprendente:

a) la rullatura di almeno due fili ricotti in sezioni, dette sezioni essendo atte ad accoppiarsi insieme per formare un tubo cilindrico avente un diametro interno sufficiente ad accogliere almeno una o una pluralità di fibre ottiche ammortizzate;

b) il formare un tubo attorno a dette fibre ottiche ammortizzate dalle sezioni del punto a); e c) il congiungere ermeticamente dette sezioni in un tubo.

12. Un procedimento secondo rivendicazione 11 in cui il congiungere è effettuato da saldatura laser.

13. Un procedimento secondo rivendicazione 11 in cui dette sezioni vengono sottoposte a indurimento per precipitazione prima della saldatura per aumentare la resistenza allo snervamento delle sezioni finite.

14. Un procedimento secondo rivendicazione 12 in cui i fili ricot-

ti sono scelti tra acciaio inossidabile o leghe non ferrose ad alta trazione.

15. Un procedimento secondo rivendicazioni 11 o 13 inoltre comprendente l'iniettare un elastomero in una sezione e su dette fibre ottiche prima di formare il detto tubo.

16. Un procedimento secondo rivendicazioni 11 e 13 inoltre comprendente il formare un rivestimento in plastica resistente alle alte temperature attorno a detto tubo ermeticamente chiuso.

RIASSUNTO DELLA DESCRIZIONE

Un tubo a fibre ottiche ermeticamente chiuso e relativo procedimento di fabbricazione. Il tubo ermeticamente chiuso è fabbricato da fili rullati in settori sagomati tali che quando le sezioni sono congiunte viene formato un tubo avente un diametro interno sufficiente per accogliere una o una pluralità di fibre ottiche ammortizzate.

Dott. Ing. Alfredo Raimondi

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Tubo ermeticamente chiuso incorporante una fibra ottica e circondato da un cavo armato"

di CHEVRON RESEARCH COMPANY, di nazionalità statunitense, con sede a Wilmington, Delaware (U.S.A.), 100 West Tenth Street.

Inventori designati: Robert Everette THOMPSON, Gordon GOULD e Charles I. SOODAK.

Depositata il:

DESCRIZIONE MODIFICATA (ART. [illegible] 333/1979) ISTANZA DEPOSITATA IL 19-6-82

RIASSUNTO

L'invenzione riguarda un tubo ermeticamente chiuso incorporante una fibra ottica e un cavo armato contenente detto tubo ermeticamente chiuso. Il cavo ottico armato risponde con minimo allungamento anelastico alla tensione a temperature elevate ed è capace di resistere a condizioni ambientali estremamente severe.

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce alle fibre ottiche e ai cavi armati. Più specificamente, l'invenzione riguarda i tubi ermeticamente chiusi contenenti fibre ottiche e i cavi armati contenenti fibre ottiche.

I cavi elettromeccanici convenzionali per applicazioni quali la registrazione delle misurazioni dopo il sondaggio di pozzi petroliferi, includono dei conduttori metallici

isolati per la trasmissione di segnali elettrici. Tali cavi hanno larghezze di banda di trasmissione dei segnali che sono limitate a circa 100 KHz per lunghezze corrispondenti alle profondità tipiche dei pozzi di petrolio: da 12.000 a 20.000 piedi (da 3657,6 a 6096 metri). Gran parte dell'informazione che si può ottenere con i moderni mezzi di registrazione, non è ricuperabile dal basso del foro di sondaggio, data la ristretta larghezza di banda dei segnali che caratterizza gli attuali cavi convenzionali di registrazione. Esiste pertanto la necessità di provvedere cavi dotati di larghezze di banda di trasmissione dei segnali sostanzialmente più ampie, vale a dire, capacità più elevata, e/o maggiori velocità di trasmissione su lunghe tratte di cavo senza ripetitori. Le fibre ottiche possono fornire larghezze di banda di trasmissione dei segnali di circa 100 MHz su lunghezze fino a circa 30.000 piedi (9144 m) Ciò corrisponde a circa tre ordini di grandezza in più rispetto ai fili isolati usati nei cavi convenzionali per applicazioni in condizioni ambientali estremamente severe quali quelle in cui si effettuano le registrazioni nei fori di sondaggio.

Le fibre ottiche di vetro hanno due caratteristiche che ne rendono difficile l'incorporamento con successo nei cavi soggetti a deformazione, destinati ad essere tesi quando usati, o destinati all'impiego sott'acqua, particolarmente in pre-

senza di alta pressione e/o alta temperatura, come si ha nei fori di trivellazione dei pozzi petroliferi. Tali caratteristiche sono: la degradazione da fatica statica e la perdita per micropiegature.

Le fibre di vetro di silice presentano piccole screpolature (microscrepolature) alle loro superfici. La profondità di queste microcricche può aumentare per effetto di una reazione chimica, accelerata per sollecitazione, fra il vetro di silice e l'umidità: cosiddetta fatica statica. La resistenza a trazione della fibra di vetro diminuisce sostanzialmente in rapporto all'aumento in profondità delle microcricche. Il vetro è un materiale elastico con elevato modulo di Young. La deformazione in una fibra ottica di vetro genera sollecitazione di trazione e si traduce in fatica statica. Perciò, le fibre ottiche di vetro non sono adatte per l'impiego in condizioni di forte deformazione (>0,5%), in presenza di umidità, per lunghi periodi di tempo. Nessuna plastica può fornire una protezione adeguata, giacché l'acqua si diffonde, in certa misura, attraverso tutte le materie plastiche.

Piccole piegature nella fibra ottica, danno luogo a perdita di luce (perdite per micropiegatura), come descritto in appresso. Le fibre ottiche trasmettono segnali luminosi in base al principio della riflessione interna totale. Ciò dipende principalmente dalla condizione che i raggi di

luce vengano totalmente riflessi indietro, nella zona del nucleo, ogni volta che essi urtano l'interfaccia nucleo/rivestimento della fibra ottica. La riflessione interna totale può soltanto avvenire quando l'angolo di incidenza fra i raggi e detta interfaccia sia inferiore ad un certo valore critico. La piegatura di una fibra ottica ha come conseguenza che una certa parte della luce propagantesi nèl nucleo della fibra urta contro l'interfaccia nucleo/rivestimento ad angoli di incidenza maggiori del valore critico e viene rifratta fuori dal nucleo ottico, andando perduta. La quantità di luce che va perduta aumenta col diminuire del diametro effettivo della piegatura. Quando la piegatura della fibra ottica è provocata per deviazione dovuta a forze laterali locali, la risultante riduzione d'intensità del segnale (e la riduzione nella lunghezza del cavo che si può usare) viene chiamata perdita per micropiegatura. Quando una fibra ottica è deviata da una disomogeneità locale, quale un nodo o irregolarità nei suoi strati di rivestimento, il diametro effettivo della piegatura dipende dalla deformazione locale cui è sottoposta la fibra. Generalmente, la fibra si piega ad un diametro effettivo più piccolo man mano che aumenta il livello della deformazione cui è sottoposta. Pertanto, a più alti livelli di deformazione corrispondono livelli più elevati della perdita per micropiegatura. Le perdite per

micropiegatura nelle fibre vengono grandemente ridotte rivestendo prima le fibre con un elastomero morbido quale una gomma siliconica, e incassando tale fibra ammortizzata in una camicia rigida atta a resistere alle forze esterne. Tuttavia, le materie plastiche come la gomma silicone perdono la loro integrità nelle condizioni ambientali estremamente severe che si hanno ad esempio nel fondo di un pozzo profondo, ossia, quando assoggettate ad acqua salmastra calda, a pressioni fino a 20.000 lbs/poll.q (1406 Kg/cm^2) e temperature fino a 500°F(260°C)

Sarebbe pertanto vantaggioso disporre di un tubo a chiusura stagna, contenente almeno una fibra ottica, che si possa incorporare in un cavo per la registrazioni dei dati di sondaggio nei pozzi. Il tubo permetterebbe di minimizzare la micropiegatura della fibra, e il cedimento da microscrepolature, indotto per umidità nella fibra stessa.

Una condizione necessaria per una registrazione esatta dei dati di misurazione di un foro di sondaggio, è la conoscenza esatta della posizione del mezzo di registrazione entro detto foro. La posizione del mezzo è definita dalla lunghezza reale del cavo di registrazione sospeso nel foro di sondaggio. La lunghezza reale del cavo sospeso può essere determinata in base ad una conoscenza della quantità di tratto di cavo non sollecitato che è stata calata nel pozzo, più una conoscenza delle caratteristiche di allungamento/

tensione del cavo, e della tensione lungo la tratta di cavo sospeso. La quantità di tratto di cavo non sollecitato che è stato fatto scendere nel foro di sondaggio può essere misurata con precisione. Anche il profilo di tensione lungo il tratto sospeso di cavo, può essere calcolato con esattezza. Pertanto, la lunghezza effettiva del cavo sospeso nel pozzo può essere determinata esattamente, se le caratteristiche di allungamento/tensione del cavo sono esattamente note e sono ripetibili.

I cavi elettromeccanici tradizionali per la registrazione delle misurazioni nei pozzi, possono essere costruiti in modo da sopportare le condizioni ambientali dure, di temperatura elevata, e da tollerare livelli elevati di deformazione assiale, rimanendo sempre funzionali. Più specificamente, ad esempio, ciascun elemento conduttore di un cavo convenzionale di registrazione comprende un fascio di fili di rame. I fili di rame cedono anelasticamente a valori bassi di deformazione. Quando il cavo è alternativamente teso e rilasciato, il rame non ritorna completamente nel suo stato originario e alla fine i fili di rame diventano fragili -per indurimento da deformazione- e si spezzano. Tuttavia, seppure grave, questa condizione non necessariamente rende il cavo inoperante, giacché una interruzione in uno o più fili, con fili adiacenti non interrotti, permette alla corrente di passare ai fili vicini e

così il conduttore risulta sempre intero e il cavo rimane funzionale. Perciò, i cavi di registrazione convenzionali possono sopportare considerevoli deformazioni anelastiche ed elastiche, pur mantenendosi funzionali.

I cavi per la registrazione di dati nei pozzi sono generalmente costruiti con due strati di fili di armatura esterna in acciaio. I fili di armatura sono preformati e applicati a guisa di eliche o spirali di verso o chiralità opposte, per impedire al cavo di "disavvolgersi" quando supporta un carico sospeso liberamente. Internamente alla camicia armata possono esservi sette conduttori di rame isolati disposti in numero di sei intorno ad uno, ad eliche di senso generalmente opposto a quelle dei fili di acciaio dello strato di armatura interno. Tuttavia, non esiste alcuna correlazione definita fra le eliche o spirali dei conduttori di rame e quelle dei fili di armatura interna, giacché esse vengono aggiunte in fasi di fabbricazione separate e di solito con uno strato di appoggio in materiale cedevole fra le medesime. Un risultato di questa geometria convenzionale di strutturazione dei cavi è che l'interfaccia fra i fili di armatura interna e i sottostanti conduttori isolati, consiste di una molteplicità di punti d'incrocio separati dal materiale cedevole di appoggio.

Quando un cavo convenzionale per la registrazione delle misurazioni nei pozzi viene posto in tensione a temperature

elevate, esso si allunga per un importo che non è prevedibile con esattezza. Ciò perché l'allungamento consiste di due parti: una lineare e una fortemente alineare e anelastica. La parte anelastica si verifica perché i fili di armatura deformano anelasticamente lo strato di appoggio cedevole sottostante e l'isolamento dei fili -a motivo delle fortissime sollecitazioni locali nei punti d'incrocio- e assumono un diametro primitivo più piccolo. La parte anelastica dell'allungamento del cavo non è propriamente prevedibile o ripetibile e quindi la posizione della sonda di registrazione non sarà esattamente nota.

Per impedire che si verifichi la deformazione anelastica nell'uso, ai cavi di registrazione convenzionali viene impartito uno stiramento a caldo durante la fabbricazione. L'operazione di stiramento a caldo, quando appropriatamente svolta, si traduce in un cavo atto a rispondere con un allungamento lineare ed elastico alla tensione. Detto trattamento conferisce una deformazione (anelastica) permanente compresa fra 3/4 e 1½ per cento ai cavi di registrazione convenzionali a sette conduttori. Il prestiramento a caldo di un cavo armato di struttura convenzionale, contenente una o più fibre ottiche nella relativa anima, lascerebbe la fibra ottica di vetro sotto un allungamento permanente da 3/4 a 1½ per cento. Le fibre ottiche in cavi soggetti a tali alti livelli di deformazione permanente

cederebbero subito in seguito a fatica statica e/o subirebbero perdite per micropiegatura intollerabilmente elevate. E' quindi evidente che la tecnologia convenzionale di prestiramento non può essere applicata ai cavi armati in fibra ottica. Perciò, sarebbe particolarmente vantaggioso disporre di un cavo armato contenente fibre ottiche, il quale permetta di ovviare a questi e ad altri inconvenienti e consenta di estendere la tecnologia delle comunicazioni attraverso le fibre ottiche, alle aree soggette a condizioni ambientali estremamente dure.

La presente invenzione provvede un metodo per la fabbricazione di un tubo ermeticamente chiuso attorno ad una o più fibre ottiche ammortizzate, e comprende il prodotto ottenuto con detto metodo di fabbricazione. L'ammortizzazione prevede un procedimento col quale la fibra ottica viene rivestita con un adatto materiale di protezione quale un elastomero. La fabbricazione viene effettuata in modo che le fibre vengano chiuse a tenuta nel tubo senza stirarle o tenderle, così da evitare che si generino deformazioni, micropiegature, o microscrepolature accentuate dalla presenza di acqua. Il cavo e il metodo di fabbricazione minimizzano la parte anelastica dell'allungamento del cavo riducendo al minimo la deformabilità dell'anima. Il fascio centrale del cavo comprende almeno due strati interni, includenti l'armatura interna, i quali vengono at-

torcigliati o cordati in una configurazione "uniavvolgimento" di una data chiralità attorno al tubo centrale ermeticamente chiuso secondo l'invenzione, il quale tubo contiene almeno una fibra protetta dal rivestimento "ammortizzante". Come si è detto, detta fibra è una fibra ottica rivestita con un adatto materiale ammortizzante, quale un elastomero. Il tubo è costruito in modo che le fibre siano ermeticamente suggellate in esso con un minimo di deformazione e micropiegature indotte dal processo.

Una configurazione ad "uniavvolgimento" è definita come un fascio di elementi di cavo dove ciascun elemento è in continuo contatto con, ed è disposto secondo lo stesso orientamento, rispetto agli elementi ad esso immediatamente vicini. Le sezioni trasversali del fascio centrale sono identiche in ogni punto lungo il cavo, eccetto per una rotazione attorno all'asse centrale. La costruzione ad uniavvolgimento distribuisce le forze trasversali in modo continuo lungo i componenti in contatto, invece di concentrare le forze nei punti d'incrocio come negli strati di elementi di cavo formati in controspirale o strati di elementi cordati unidirezionalmente che hanno lunghezze differenti di avvolgimento. Il tratto di avvolgimento del cavo ha lunghezza dell'ordine di circa 3,5 pollici (88,9 mm)
per un cavo con un diametro esterno di circa 0,5 pollici
(12,7 mm). E' definita "lunghezza di avvolgimento"

la distanza lungo il cavo o l'asse elicoidale, percorsa da un giro di spirale completo dell'elemento. Il cavo presenta almeno uno strato di armatura esterna il quale è avvolto in controspirale attorno al fascio centrale. Lo strato di armatura esterna è di chiralità opposta a quella del fascio centrale e sostanzialmente compensa il momento torcente dell'armatura interna quando il cavo è sotto tensione. Gli elementi degli strati sono duri e resistenti alla deformazione. Ciò vuol dire che qualsiasi degli elementi conduttori contenuti nel cavo sono conduttori metallici singoli e non conduttori cordati o a più fili. Gli strati del fascio centrale sono costruiti in una unica operazione, con la stessa lunghezza di avvolgimento e la medesima chiralità. Lo strato di armatura esterna, di chiralità opposta, è applicato direttamente sul fascio centrale.

L'invenzione è descritta più in dettaglio in appresso con riferimento al disegno allegato, in cui:

- La fig. 1 è una vista in sezione trasversale di un cavo armato contenente fibre ottiche.

La figura rappresenta complessivamente con 10 il tubo a chiusura ermetica e il cavo ottico armato secondo l'invenzione, che verranno descritti nel seguito con riferimento ad alcune forme di esecuzione specifiche relative alle dimensioni complessive, alle dimensioni dei singoli componen-

ti, e ai materiali usati per costruire un cavo destinato alla registrazione dei dati di sondaggio nei pozzi, rientrante nell'ambito dell'invenzione. Tuttavia, l'invenzione non è limitata unicamente alle dimensioni o ai materiali specificamente indicati nella presente esposizione, nè alle sole applicazioni connesse con la registrazione dei dati di sondaggio nei pozzi. Il tubo e/o cavo descritto è utilizzabile in qualsiasi applicazione per cui si esigano minime deformazioni del cavo sotto carico, e il tubo può essere impiegato in tutti i casi in cui sia necessario un ambiente ermetico per una fibra ottica.

Il cavo ottico armato 10 ha un'anima centrale 12 costituita da un tubo ermeticamente chiuso. Tale tubo può essere usato da solo se l'applicazione non richiede un'armatura o degli elementi conduttori. Il tubo ermeticamente chiuso 12 ha un diametro esterno compreso fra 0,110 e circa 0,120 pollici (fra 2,794 e 3,048mm) ± 1%, e un diametro interno di circa 0,06 pollici (1,524 mm). Il tubo 20 contiene una, o una pluralità di fibre ottiche 14. Le fibre ottiche 14 possono essere del tipo modo singolo o multimodo, o miscele di tali tipi. Fibre ottiche adatte, con un sottile rivestimento protettivo di una plastica a base acrilica indurita agli U.V., sono fabbricate dalla Valtec Co., nel Massachussetts. Se il tubo sigillato 12 contiene una pluralità di fibre ottiche, queste ultime dovranno

essere preferibilmente attorcigliate fra loro col medesimo senso elicoidale degli elementi 22 e dei fili di armatura interna 24 del fascio centrale 30. Ad esempio, le tre fibre illustrate hanno un senso di avvolgimento destrorso e una lunghezza di avvolgimento di circa 3,5 pollici (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 1,2°).

Le fibre rivestite sono circondate e rivestite da un materiale ammortizzante 16 quale un materiale elastomerico, ad esempio gli elastomeri siliconici e simili. E' prevista l'aggiunta ulteriore di elastomero o altro materiale di annegamento adatto, per parzialmente o, come illustrato, completamente riempire il tubo 12 durante la fabbricazione del tubo stesso nel suo complesso.

Detto tubo 12 è costruito a partire da sezioni semicilindriche 20 che vengono preformate per laminazione o trafilatura da un filo metallico ricotto. Sebbene l'esempio illustrato preveda due sezioni 20, il tubo 12 può essere formato da un qualunque numero di sezioni, o parti. Uno spessore di parete adatto per le due sezioni sarebbe quello di circa 0,027 $\pm$ 0,002 pollici (0,6858 mm $\pm$ 0,0508 mm). La laminazione o la trafilatura delle sezioni cilindriche indurisce per lavorazione il metallo prima che vi sia racchiusa la fibra. Le sezioni cilindriche sono prodotte da filo in acciaio o altra lega che si può facoltativamente indurire per precipitazione per ottenere una resistenza elevata allo

snervamento per trattamento termico prima della saldatura. L'indurimento per precipitazione è definito come un processo di indurimento nel quale un costituente precipita da una soluzione solida ipersatura. In tal modo, al metallo indurito per lavorazione può essere impartita una più accentuata resistenza allo snervamento mediante l'indurimento per precipitazione. Possono essere usate macchine e procedimenti standard di laminazione -quali quelli impiegati dalla Shaped Wire Co. dell'Illinois- per ridurre il filo, per schiacciamento, nelle sezioni semicilindriche 20 che formano il tubo 12. Esempi adatti di filo in acciaio inossidabile o altro materiale adatto sono: l'acciaio inossidabile PH 17-7, un prodotto della Armco; la lega non ferrosa MP-35, un prodotto della Latrobe Steel Co., Latrobe, PA. Le sezioni formate dai fili dovranno avere un limite di snervamento maggiore di circa 100.000 lbs/poll.q. (7030 Kg/cm^2) e preferibilmente maggiore di circa 150.000 lbs/poll.q. (10545 Kg/cm^2) Se necessita un limite di snervamento più elevato, detti materiali in filo possono essere induriti per precipitazione fino ad ottenere limiti di snervamento superiori a circa 250.000 lbs/poll.q.(17575 Kg/cm^2). Ciò corrisponde ad una deformazione al limite di elasticità maggiore di circa 0,85. Deformazione al limite di elasticità è definita come il massimo allungamento percentuale che può essere applicato senza sostanziale deformazione permanente del campione di prova. Ciò per-

mette di far passare il tubo attorno ad una carrucola del diametro di 36 poll. (914,4 mm) e preferibilmente di 24 poll. (609,6 mm) o meno, o di avvolgerlo attorno ad un tamburo avvolgicavo di 36 poll. (914,4 mm) e preferibilmente di 24 poll. (609,6 mm) o meno, sotto carico di lavoro, senza snervamento o cedimento anelastico.

Le sezioni 20 combaciano longitudinalmente fra loro formando il tubo 12. Le linee di giunzione longitudinali vanno soggette soltanto ad una piccola sollecitazione di taglio secondaria quando il tubo è curvato attorno ad una puleggia o ad una bobina. Le sezioni 20 vengono pressate assieme e saldate dove i bordi s'incontrano mediante saldature 21 in modo da chiudervi ermeticamente all'interno le fibre 14. Durante la costruzione del tubo, le fibre cordate e protette con rivestimento "ammortizzante" vengono fatte avanzare così come arrivano unite assieme, con un gioco sufficiente ad evitare pinzamenti. La saldatura è preferibilmente effettuata al laser, il quale consente una fusione pulita che può essere confinata ad un piccolo volume che non penetra da parte a parte la parete e che pertanto non ricuoce l'intero spessore di parete e non è distruttivo per le fibre ammortizzate. Facoltativamente, ai fini di una ulteriore protezione, il tubo completato può essere rivestito con una plastica dura costituita da un materiale adatto quale difluoruro di polivinilidene (Kynar) o polietere-

terchetone (PEEK) (nomi depositati), o galvanizzato. Tale rivestimento facoltativo può essere regolato in modo che il tubo finito, ermeticamente chiuso, abbia un diametro esterno di circa 0,120 pollici (3,048 mm).

Una struttura alternativa per il tubo prevede sezioni con estremità ad incastro a coda di rondine in modo da inserirsi fermamente l'una nell'altra. Esternamente alle sezioni cilindriche è previsto un tubo di metallo rullato e saldato. Il tubo di metallo è saldato al laser lungo la linea di giunzione del tubo rullato, usando un laser adatto quale un laser al CO_2. Preferibilmente, il tubo è prodotto in un materiale estremamente resistente alla corrosione quale Inconel (nome depositato). Facoltativamente, la profondità della saldatura al laser, durante tale operazione, può essere regolata in modo che la saldatura passi attraverso il tubo metallico esterno e in una delle metà di tubo interno Ciò consente di chiudere ermeticamente con sicurezza le fibre ottiche entro il tubo. Una opzione alternativa è quella di applicare al rivestimento esterno, per immersione o placcatura, un materiale adatto che resista alla corrosione. Tale tubo è anche descritto e illustrato nella domanda di brevetto U.S. N. 408.971, del 17.8.1982, dal titolo "Hermetically Sealed Optical Fiber", a nome Gordon Gould, Robert Thompson e Charles Soodak, depositata contemporaneamente alla presente e al cui testo completo si ri-

manda con questo riferimento.

Nell'esempio di esecuzione preferito, lo spazio per il tubo centrale ermeticamente chiuso 12 è delimitato da almeno sei elementi 22, quali dei trefoli conduttori, applicati attorno all'anima centrale 12 con senso di avvolgimento destrorso e una lunghezza di avvolgimento di 3,5 pollici (88,9 mm :) (angolo di avvolgimento 9,8°). Per disporre di un diametro più grande per l'anima centrale 12, viene usato un numero maggiore -ad esempio otto, come illustrato- di elementi conduttori per definire lo spazio per detta anima centrale. Gli elementi conduttori 22 dovranno essere prodotti in un materiale che minimizzi le deformazioni e sia atto ad interbloccarsi con l'armatura interna 24. Degli elementi conduttori adatti sono costituiti in filo di acciaio massiccio placcato con rame, avente un diametro di circa 0,0403 ± 1%. (1,016 mm)

Gli elementi conduttori dovranno avere una conducibilità minima del 60%, minimo dell' "International Annealed Copper Standard"(IACS) con una deformazione allo snervamento di circa 0,9% minimo, scarto 0,2%. Un materiale che risponde a questi requisiti è il Copperweld (nome depositato). Il filo massiccio in acciaio placcato al rame è rivestito con un isolante quale Kynar, fino ad un diametro esterno di circa 0,071 pollici (1,803 mm). Il tubo ermeticamente chiuso 12 e gli elementi conduttori 22 dovranno avere un dia-

metro esterno combinato di circa 0,262 pollici (6,654 mm). Gli elementi conduttori 22 sono circondati da un numero almeno doppio di fili di armatura interna 24. Nella presente soluzione preferita, i sedici fili di armatura interna 24 dovranno essere costituiti da fili per funi trafilati, galvanizzati, in acciaio duro (AISI), o altro materiale adatto, con un diametro di circa 0,0575 pollici (1,447 mm) ±1%, minima resistenza a trazione di circa 244 KPSI (171,532 Kg/mm^2) minime torsioni (8" = 203,2 mm) di circa 39, e un'aderenza del rivestimento verificata in base alla prova di avvolgimento su mandrino 3D. I fili di armatura interna 24 sono applicati come parte del fascio centrale 30 con senso destrorso dell'avvolgimento e lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento di 15,5°). Il fascio centrale 30 ha un diametro esterno di circa 0,368 pollici (9,347 mm). E' importante che i sedici fili di armatura interna 24 siano elettrogalvanizzati con finitura liscia e lucida, quale ottenuta con un minimo rivestimento di zinco di circa 0,2 once/piede quadrato (circa 61,031 g/m^2). I fili di armatura interna 24 sono situati adiacenti ai conduttori isolati e quindi devono presentare una interfaccia liscia per trasmettere i carichi di compressione ai fili isolati.

Durante la costruzione del fascio centrale 30, all'esterno dell'armatura interna 24 viene applicato un materiale di

protezione 26 adatto alle condizioni ambientali in cui è destinato ad operare il cavo 10. Fra i materiali adatti per cavi destinati alla registrazione dei dati di sondaggio nei pozzi vanno citati i composti di carica a base di gomma nitrile, e simili. I fili di armatura interna 24 sono avvolti attorno agli elementi conduttori 22 come illustrato, in modo da lasciare spazio per l'introduzione di otto elementi interstiziali 28. Gli otto elementi interstiziali sono opzionali e possono essere costituiti sia da un lubrificante anticorrosione 26, quale il composto TMS 5878 prodotto dalla Quaker Chemical Company, sia da fili o da conduttori isolati, oppure da fibre ottiche incamiciate. Gli elementi interstiziali 28 sono applicati col medesimo senso di avvolgimento dei fili conduttori 22 e dei fili di armatura interna 24. Essi sono commessi con senso di avvolgimento destrorso e lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 12,5°). Gli elementi interstiziali 28 dovranno avere un diametro esterno massimo di circa 0,028 poll. (0,711 mm), minimo rivestimento di zinco di circa 0,1 oncia/piede^2 (circa 30,515 g/m^2), minima resistenza a trazione di circa 251 KPSI (176,453 Kg/mm^2), minimo numero di torsioni (8"= 203,2 mm) di circa 83, e un'aderenza del rivestimento verificata mediante la prova di avvolgimento su mandrino 2D. Se gli elementi interstiziali 28 sono usati per controllare la posa dei fili di armatura interna 24,

allora detti elementi 28 dovranno essere preferibilmente costituiti da fili pieni, galvanizzati, lucidi. E' importante che i qualsiasi elementi interstiziali 28 abbiano una superficie esterna arrotondata e liscia, giacché essi sono adiacenti ai fili conduttori isolati e devono necessariamente presentare detta superficie liscia per poter trasmettere i carichi di compressione ai fili isolati.

Una caratteristica esclusiva del cavo ottico armato 10 è il fatto che gli elementi del fascio centrale 30 sono costruiti col medesimo senso e lunghezza di avvolgimento in modo da serrarsi fra loro e da non incrociarsi l'uno con l'altro. Un'altra caratteristica esclusiva è il fatto che gli elementi conduttori 22 e i fili di armatura interna 24 vengono assemblati durante la medesima operazione, in maniera che gli elementi 22 e 24 poggino gli uni contro gli altri e non in corrispondenza delle scanalature formate fra i fili conduttori 22. Tale costruzione conferisce al cavo maggiore flessibilità e riduce l'attrito fra i fili conduttori 22 e i fili di armatura interna 24. Queste caratteristiche assicurano una minima deformazione dell'interfaccia fra gli elementi e quindi un minimo allungamento anelastico del cavo.

I fili di armatura interna 24 sono circondati da almeno uno strato di fili di armatura esterna che definisce il diametro esterno del cavo 10. Nell'esempio preferito illustrato,

vi sono ventiquattro elementi costituenti i fili di armatura esterna 32. Tali elementi di armatura esterna 32 dovranno essere costituiti da fili per produzione di funi in acciaio duro migliorato, galvanizzati (AISI) o da altri materiali adatti aventi un diametro di circa 0,049 poll. (1,244 mm) ± 1%, minimo rivestimento di zinco di circa 0,4 oncia/piede^2 (circa 122,062 g/m^2), prova secondo prescrizioni ASTM A-90, minima resistenza a trazione di circa 246 KPSI (172,938 Kg/mm^2), prova secondo prescrizioni ASTM E-8, minimo numero di torsioni (8"= 203,2 mm) di circa 47, prova secondo prescrizioni FED SPEC RR-W-410, e un rivestimento la cui aderenza risponde alle prescrizioni ASTM A-641, prova con l'uso del mandrino 3D. I fili 32 sono preferibilmente preformati e applicati con un senso di avvolgimento opposto a quello degli elementi 22 e 24. Nel caso specifico, il senso di avvolgimento dei fili di armatura esterna 32 dovrà essere quello sinistrorso e la lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 20,5°). Quando vengono applicati i fili di armatura esterna 32, il fascio centrale 30 viene rivestito con un materiale resistente alla corrosione e lubrificante 34, quale il TMS5878, e simile. Le dimensioni complessive del cavo ottico 10 saranno di circa 0,469 pollici (11,912 mm) Il cavo armato contenente il tubo ermeticamente chiuso è prodotto formando anzitutto il tubo in una singola ope-

razione e poi costruendo il cavo attorno al tubo in una unica operazione in linea.

Il tubo ermeticamente chiuso contenente le fibre ottiche può essere costruito in conformità alla seguente procedura. Dei fili in acciaio inossidabile ricotto o in altra lega non ferrosa adatta vengono lavorati con rulli sagomati per ridurli in sezioni cilindriche, in modo che, col passaggio attraverso dei rulli di guida, le sezioni formino un tubo avente un diametro interno sufficiente per contenere le fibre ottiche senza interferire con esse. Le sezioni laminate o rullate vengono poi indurite per precipitazione ad una temperatura di circa 900°F (482°C). Preferibilmente, il tubo è formato da due sole sezioni semicilindriche, in quanto ciò minimizza il numero delle saldature. Sezioni rullate adatte sono prodotte dalla The Shaped Wire Co., St. Charles, Illinois. Le sezioni cilindriche possono essere pressate assieme mediante rulli pressori standard, quali quelli usati dalla Laser Applications Inc., Baltimore, Md. prima e durante la saldatura al laser. Le fibre rivestite e avvolte ad elica vengono inserite fra le sezioni mentre queste vengono pressate fra loro e viene aggiunto altro materiale elastomerico per far aderire le fibre a dette sezioni prima della saldatura.

La saldatura al laser è effettuata con un laser al CO_2 industriale da 500 watt della Control Laser Corp. Il laser

è focalizzato ad una larghezza di circa 0,15 mm. Il tubo viene saldato ad una profondità inferiore allo spessore delle sezioni. Una profondità di circa 0,40 mm è adatta per la costruzione di un tubo esterno avente un diametro di circa 0,110-0,120 pollici (2,794-3,048 mm).

Facoltativamente, i settori cilindrici possono essere riscaldati ad una temperatura compresa fra 300 e circa 500°F (fra 149°C e 260°C) durante la saldatura. Il riscaldamento facilita il processo di saldatura e determina anche una contrazione dello 0,2% del tubo quando questo si raffredda. Ciò compensa lo 0,2% circa di stiramento della fibra dovuto a dilatazione termica quando il cavo viene fatto scendere in un foro di trivellazione in cui esistono temperature dell'ordine fino a circa 500°F (260°C).

Il processo di saldatura lascia i giunti in una condizione sollecitata: un trattamento termico a circa 500°F(260°C) per poche ore, dopo la saldatura, permette lo scarico di tali sollecitazioni senza ricottura del tubo indurito per precipitazione. Una volta che la fibra ottica è racchiusa nel tubo, l'indurimento per precipitazione di quest'ultimo non è possibile, in quanto ciò determinerebbe il surriscaldamento e la distruzione dei polimeri di protezione.

Dopo la saldatura, il tubo può essere facoltativamente placcato con nickel o galvanizzato per resistere alla corrosione, e infine sul tubo può, facoltativamente, essere

estruso un rivestimento di una plastica ad alto punto di fusione quale il PEEK o il Kynar (nomi depositati), per ridurre la diffusione dell'acqua salmastra nelle punte di spillo eventualmente lasciate dalla saldatura, nonché per proteggere il metallo dalla corrosione. Adatte estrusioni di rivestimento sono prodotte dalla Berk Tek Co., Pennsylvania. Dopo la costruzione del tubo 12, viene formato il fascio centrale 30 prelevando il materiale da una stazione di bobine planetarie, e sul fascio centrale vengono applicati direttamente i fili di armatura esterna 32 prelevati da una stazione in tandem di bobine planetarie. I fili di armatura esterna 32 vengono applicati con un senso di avvolgimento opposto, in modo che i momenti torcenti esercitati da detti fili di armatura interna ed esterna siano sostanzialmente equilibrati. Un metodo adatto di equilibratura dei fili di armatura esterna 32 e dei fili di armatura interna 24 avvolti in controspirale, è descritto nel brevetto U.S. N. 4317000 completamente incorporato qui come riferimento. Le macchine per la fabbricazione del cavo secondo l'invenzione sono note nel settore come macchine di cordatura planetaria. Una fonte adatta per la costruzione del cavo è rappresentata dalla Blake Wire and Cable Company di Torrence, California. Naturalmente, il cavo può anche essere costruito mediante una macchina per fabbricazione di cavi ad avvolgitore a tubo; tuttavia, in questo caso

i fili di armatura esterna vanno applicati in una fase separata.

E' evidente che l'invenzione non è limitata alla forma di esecuzione particolarmente preferita e alle alternative, pure preferite, esposte sopra, ma comprende tutte le ovvie varianti che potranno esservi apportate senza uscire dall'ambito dell'invenzione stessa. Ad esempio, il cavo non è limitato ad alcuno specifico diametro, numero di fibre ottiche e simili. Condizioni ambientali differenti o differenti applicazioni di lavoro nelle quali siano previsti carichi più importanti imposti al cavo, potrebbero richiedere l'uso di un cavo di maggior diametro con elementi conduttori in maggior numero e/o di dimensioni più grandi, e con fili di armatura interna e fili di armatura esterna di dimensioni e/o numero corrispondentemente maggiorati. Inoltre, all'aumento del diametro del cavo deve essere direttamente proporzionale l'aumento della lunghezza dell'avvolgimento.

E' inoltre necessario che gli elementi conduttori e l'armatura interna vengano costruiti in una unica operazione col medesimo senso di avvolgimento, e che l'armatura interna sia predisposta in modo da non situarsi negli incavi formati dagli elementi conduttori. L'armatura esterna deve essere avvolta con senso di avvolgimento opposto a quello dell'armatura interna, e deve possedere una resistenza alla compressione sufficiente ad ottenere che l'armatura in-

terna e l'armatura esterna siano sostanzialmente equilibrate in momento torcente.

RIVENDICAZIONI

1. Tubo ermeticamente chiuso contenente fibre ottiche, caratterizzato da ciò che comprende un'anima interna contenente una o più fibre ottiche protette da un rivestimento ammortizzante; e almeno due sezioni metalliche cilindriche che si accoppiano fra loro attorno a detta anima interna e che formano un tubo, dette sezioni metalliche essendo ermeticamente congiunte assieme per definire detto tubo; e da ciò che dette sezioni metalliche vengono preformate per rullatura a partire da un filo ricotto.

2. Tubo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato da ciò che dette sezioni sono atte a subire indurimento per precipitazione dopo essere state rullate per assumere la forma di sezioni cilindriche e prima di essere congiunte mediante saldatura al laser.

3. Tubo secondo rivendicazione 1, caratterizzato da ciò che dette sezioni sono costruite a partire da fili in acciaio inossidabile o in lega non ferrosa.

4. Tubo secondo rivendicazioni 1, 2 o 3, caratterizzato da ciò che dette sezioni metalliche sono unite ermeticamente fra loro in corrispondenza di linee di giunzione longitudinali.

5. Tubo secondo rivendicazione 3, caratterizzato da ciò

che le sezioni sono prodotte in modo che i fili sagomati per rullatura formino un tubo avente un diametro esterno compreso fra circa 0,110 e circa 0,120 poll.(fra 2,794 e 3,048 mm) con uno spessore di parete di circa 0,027 poll.(0,685 mm)

6. Tubo secondo rivendicazione 4, caratterizzato da ciò che è formato a partire da due sezioni.

7. Tubo secondo rivendicazione 5, caratterizzato da ciò che il tubo è inoltre rivestito con uno strato di metallo resistente alla corrosione o di una plastica resistente alle alte temperature, fino a delimitare un diametro esterno di circa 0,120 ± 0,001 pollici(3,048 ± 0,0254 mm)

8. Tubo secondo rivendicazione 4, caratterizzato da ciò che il tubo contenente le fibre è riscaldato fino ad una temperatura compresa fra circa 300 e circa 500°F(da 149°C a 260°C) durante la giunzione delle sezioni mediante saldatura al laser.

9. Tubo secondo rivendicazione 4, caratterizzato da ciò che le sezioni sono pressate assieme e attorno alle sezioni -interne- viene costruito un rivestimento esterno costituito da un tubo metallico formato per rullatura, e da ciò che detto tubo metallico esterno viene saldato fino ad una profondità maggiore dello spessore dello stesso tubo metallico esterno.

10. Tubo secondo rivendicazioni 5 o 7, caratterizzato da ciò che le fibre ottiche sono fibre ottiche a modo unico.

11. Tubo secondo rivendicazioni 1, 2, 3, 8, 9 o 10, caratterizzato inoltre da ciò che comprende: almeno sei elementi avvolti ad elica attorno a detto tubo secondo un dato senso di avvolgimento; dei fili di armatura interna di numero almeno doppio di quello di detti almeno sei elementi, avvolti attorno a detti almeno sei elementi nello stesso senso, secondo una configurazione elicoidale ad uniavvolgimento, detti almeno sei elementi e detti fili di armatura interna essendo costruiti attorno a detto tubo nel medesimo tempo in cui gli elementi e i fili con medesimo senso di avvolgimento e il tubo formano un fascio centrale; una pluralità di fili di armatura esterna in contatto con detti fili di armatura interna, essendo detti fili di armatura esterna avvolti in senso elicoidale opposto a quello di detti fili di armatura interna, cosicché i momenti torcenti esercitati da detti fili di armatura interna e da detti fili di armatura esterna risultano sostanzialmente equilibrati.

12. Tubo secondo rivendicazione 11, caratterizzato da ciò che detti almeno sei elementi sono elementi conduttori costituiti da filo in acciaio placcato con rame.

13. Tubo secondo rivendicazione 12, caratterizzato da ciò che il filo di armatura interna è un filo di acciaio galvanizzato.

14. Tubo secondo rivendicazione 13, caratterizzato da ciò

che gli elementi conduttori e i fili di armatura interna formano degli spazi interstiziali i quali sono occupati da fibre ottiche incamiciate o da cariche di filo di acciaio galvanizzato.

15. Tubo secondo rivendicazione 14, caratterizzato da ciò che i fili di armatura esterna sono costituiti da fili di acciaio duro, preformati, galvanizzati, e l'elemento d' anima centrale è un filo massiccio.

16. Tubo secondo rivendicazione 15, caratterizzato da ciò che le sezioni sono unite lungo linee di giunzione longitudinali e detti almeno sei elementi sono in numero di otto.

17. Tubo secondo le rivendicazioni 11, 14, 15 o 16, caratterizzato da ciò che l'anima centrale, gli elementi conduttori e i fili di armatura interna, sono rivestiti con un composto di carica a base gomma nitrile.

18. Cavo ottico armato caratterizzato da ciò che comprende: un'anima centrale costituita da un tubo ermeticamente chiuso avente un diametro esterno compreso fra circa 0,110 e circa 0,120 pollici(fra 2,794 e 3,048 mm), e un diametro interno di circa 0,06 pollici(1,524 mm), detta anima contenendo una pluralità di fibre ottiche incorporate in un elastomero, ed essendo formata a partire da due sezioni metalliche cilindriche congiunte longitudinalmente fra loro attorno a dette fibre in modo da formare un tubo; otto elementi conduttori avvolti attorno a detta

anima centrale con un avvolgimento destrorso e una lunghezza di avvolgimento di circa 3,5 poll. (88,9 mm) e un diametro di 0,071 pollici (1,803 mm), cosicché il diametro esterno dell'anima centrale più i fili conduttori ammonta a circa 0,262 pollici (6,654 mm); sedici elementi di armatura interna in filo di acciaio galvanizzato avente un diametro esterno di circa 0,058 pollici (1,473 mm), avvolti attorno a detti elementi conduttori con lo stesso senso e lunghezza di avvolgimento di detti elementi conduttori, essendo detti elementi conduttori e detta armatura interna costruiti durante la stessa operazione, e detta anima centrale, detti elementi conduttori e detti fili di armatura interna formando un fascio centrale avente un diametro esterno di circa 0,368 pollici(9,347 mm); e ventiquattro elementi esterni in filo di acciaio galvanizzato avvolti attorno a detti sedici elementi con avvolgimento sinistrorso e lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll.(88,9 mm), detti ventiquattro elementi avendo un diametro di circa 0,049 pollici (1,244 mm), per cui, in totale, il diametro esterno del cavo ammonta a circa 0,469 pollici(11,912 mm)

19. Cavo secondo rivendicazione 18, caratterizzato da ciò che il fascio centrale è riempito con un composto di carica elastomerico.

20. Cavo secondo rivendicazione 19, caratterizzato da ciò

che gli interstizi formati fra detti elementi di armatura interna e elementi di armatura esterna sono riempiti con fili metallici massicci galvanizzati, lucidi, e/o con un lubrificante anticorrosione.

21. Cavo secondo rivendicazione 20, caratterizzato da ciò che detta anima è inoltre rivestita con uno strato di metallo resistente alla corrosione o una plastica resistente alle alte temperature fino ad un diametro esterno di circa 0,120 ± 0,002 pollici(3,048 ± 0,0508 mm).

22. Cavo secondo rivendicazione 21, caratterizzato da ciò che detta anima contenente le fibre viene riscaldata fino ad una temperatura compresa fra circa 300 e 500°F(fra 149°C e 260°C) durante la giunzione delle sezioni mediante saldatura al laser.

23. Procedimento per la costruzione di un tubo ermeticamente chiuso per l'incasso di fibre ottiche, caratterizzato da ciò che comprende:- (a) laminazione o rullatura di almeno due fili ricotti in sezioni, essendo dette sezioni atte ad essere accoppiate fra loro per formare un tubo cilindrico avente un diametro interno sufficiente per ricevere almeno una o una pluralità di fibre ottiche protette da rivestimento ammortizzante; (b) formazione di un tubo attorno a dette fibre ottiche ammortizzate, a partire dalle sezioni ottenute nella fase (a); e (c) giunzione ermetica di dette sezioni nella forma di un tubo.

24. Procedimento secondo rivendicazione 23, caratterizzato da ciò che la giunzione è effettuata mediante saldatura al laser.

25. Procedimento secondo rivendicazione 23, caratterizzato da ciò che dette sezioni vengono sottoposte a indurimento per precipitazione prima della saldatura, per aumentare il carico di snervamento delle sezioni finite.

26. Procedimento secondo rivendicazione 24, caratterizzato da ciò che i fili ricotti sono prodotti a partire dall'acciaio inossidabile o da leghe non ferrose ad elevata resistenza alla trazione.

27. Procedimento secondo rivendicazioni 23 o 25 caratterizzato inoltre da ciò che comprende l'iniezione di un elastomero nell'interno di una sezione e su dette fibre ammortizzate prima della formazione di detto tubo.

28. Procedimento secondo le rivendicazioni 23 o 25 caratterizzato inoltre da ciò che comprende la formazione di un rivestimento di plastica resistente alle alte temperature attorno a detto tubo ermeticamente chiuso.

29. Procedimento secondo le rivendicazioni 23, 24, 25, 26, 27 o 28, caratterizzato inoltre da ciò che prevede:- l'avvolgimento ad elica di elementi conduttori attorno a detto tubo, essendo detto avvolgimento effettuato secondo un dato senso o chiralità, e una data lunghezza di avvolgimento; l'avvolgimento ad elica attorno ai detti elementi conduttori di

Min. Ind. Comm. e Art. U.P.I.C.A.A. Serv. Brevetti

uno strato di fili di armatura interna, applicati contemporaneamente a detti elementi conduttori, con lo stesso senso e la medesima lunghezza di avvolgimento di questi ultimi; e, l'applicazione di uno strato di fili di armatura esterna di chiralità opposta a quella di detto strato di fili di armatura interna e con lunghezza di avvolgimento tale che i momenti torcenti esercitati da detta armatura interna e da detta armatura esterna, quando il cavo è sotto tensione, risultano sostanzialmente equilibrati.

30. Procedimento secondo rivendicazione 29, caratterizzato da ciò che la sua fabbricazione inoltre comprende l'incorporamento di elementi di cavo nello spazio interstiziale delimitato fra detti elementi conduttori e detto strato di fili di armatura interna, contemporaneamente alla formazione di detti elementi conduttori e di detto strato di fili di armatura interna.

per CHEVRON RESEARCH COMPANY

PER INCARICO
Dott. Ing. Alfredo Bal-

MINISTERO dell'INDUSTRIA del COMMERCIO e dell'ARTIGIANATO
UFF. PROV. IND. COMM. E ART. MILANO

Dott. Ing. Alfredo Raimondi

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Tubo ermeticamente chiuso incorporante una fibra ottica e circondato da un cavo armato"

di CHEVRON RESEARCH COMPANY, di nazionalità statunitense, con sede a Wilmington, Delaware (U.S.A.), 100 West Tenth Street.

Inventori designati: Robert Everette THOMPSON, Gordon GOULD e Charles I. SOODAK.

Depositata il: 12 AGO 1983 22541A/83

DESCRIZIONE MODIFICATA (ART. 49 D.P.R. 338/1979) ISTANZA DI ... IL 19-6-84

RIASSUNTO

L'invenzione riguarda un tubo ermeticamente chiuso incorporante una fibra ottica e un cavo armato contenente detto tubo ermeticamente chiuso. Il cavo ottico armato risponde con minimo allungamento anelastico alla tensione a temperature elevate ed è capace di resistere a condizioni ambientali estremamente severe.

RIVENDICAZIONI

La presente invenzione si riferisce alle fibre ottiche e ai cavi armati. Più specificamente, l'invenzione riguarda i tubi ermeticamente chiusi contenenti fibre ottiche e i cavi armati contenenti fibre ottiche.

I cavi elettromeccanici convenzionali per applicazioni quali la registrazione delle misurazioni dopo il sondaggio di pozzi petroliferi, includono dei conduttori metallici

micropiegatura nelle fibre vengono grandemente ridotte rivestendo prima le fibre con un elastomero morbido quale una gomma siliconica, e incassando tale fibra ammortizzata in una camicia rigida atta a resistere alle forze esterne. Tuttavia, le materie plastiche come la gomma silicone perdono la loro integrità nelle condizioni ambientali estremamente severe che si hanno ad esempio nel fondo di un pozzo profondo, ossia, quando assoggettate ad acqua salmastra calda, a pressioni fino a 20.000 lbs/poll.q (1406 Kg/cm^2) e temperature fino a 500°F(260°C)

Sarebbe pertanto vantaggioso disporre di un tubo a chiusura stagna, contenente almeno una fibra ottica, che si possa incorporare in un cavo per la registrazioni dei dati di sondaggio nei pozzi. Il tubo permetterebbe di minimizzare la micropiegatura della fibra, e il cedimento da microscrepolature, indotto per umidità nella fibra stessa.

Una condizione necessaria per una registrazione esatta dei dati di misurazione di un foro di sondaggio, è la conoscenza esatta della posizione del mezzo di registrazione entro detto foro. La posizione del mezzo è definita dalla lunghezza reale del cavo di registrazione sospeso nel foro di sondaggio. La lunghezza reale del cavo sospeso può essere determinata in base ad una conoscenza della quantità di tratto di cavo non sollecitato che è stata discesa nel pozzo, più una conoscenza delle caratteristiche di allungamento/

così il conduttore risulta sempre intero e il cavo rimane funzionale. Perciò, i cavi di registrazione convenzionali possono sopportare considerevoli deformazioni anelstiche ed elastiche, pur mantenendosi funzionali.

I cavi per la registrazione di dati nei pozzi sono generalmente costruiti con due strati di fili di armatura esterna in acciaio. I fili di armatura sono preformati e applicati a guisa di eliche o spirali di verso o chiralità opposte, per impedire al cavo di "disavvolgersi" quando supporta un carico sospeso liberamente. Internamente alla camicia armata possono esservi sette conduttori di rame isolati disposti in numero di sei intorno ad uno, ad eliche di senso generalmente opposto a quelle dei fili di acciaio dello strato di armatura interno. Tuttavia, non esiste alcuna correlazione definita fra le eliche o spirali dei conduttori di rame e quelle dei fili di armatura interna, giacché esse vengono aggiunte in fasi di fabbricazione separate e di solito con uno strato di appoggio in materiale cedevole fra le medesime. Un risultato di questa geometria convenzionale di strutturazione dei cavi è che l'interfaccia fra i fili di armatura interna e i sottostanti conduttori isolati, consiste di una molteplicità di punti d'incrocio separati dal materiale cedevole di appoggio.

Quando un cavo convenzionaleper la registrazione delle misurazioni nei pozzi viene posto in tensione a temperature

torcigliati o cordati in una configurazione "uniavvolgimento" di una data chiralità attorno al tubo centrale ermeticamente chiuso secondo l'invenzione, il quale tubo contiene almeno una fibra protetta dal rivestimento "respingente". Come si è detto, detta fibra è una fibra ottica rivestita con un adatto materiale ammortizzante, quale un elastomero. Il tubo è costruito in modo che le fibre siano ermeticamente suggellate in esso con un minimo di deformazione e microplegature indotte dal processo.

Una configurazione ad "uniavvolgimento" è definita come un fascio di elementi di cavo dove ciascun elemento è in continuo contatto con, ed è disposto secondo lo stesso orientamento, rispetto agli elementi ad esso immediatamente vicini. Le sezioni trasversali del fascio centrale sono identiche in ogni punto lungo il cavo, eccetto per una rotazione attorno all'asse centrale. La costruzione ad uniavvolgimento distribuisce le forze trasversali in modo continuo lungo i componenti in contatto, invece di concentrare le forze nei punti d'incrocio come negli strati di elementi di cavo formati in controspirale o strati di elementi cordati unidirezionalmente che hanno lunghezze differenti di avvolgimento. Il tratto di avvolgimento del cavo è lungo: dell'ordine di circa 3,5 pollici (88,9 mm) per un cavo con un diametro esterno di circa 0,5 pollici (12,7 mm). E' definita "lunghezza di avvolgimento"

essere preferibilmente attorcigliate fra loro col medesimo senso elicoidale degli elementi 22 e dei fili di armatura interna 24 del fascio centrale 30. Ad esempio, le tre fibre illustrate hanno un senso di avvolgimento destrorso e una lunghezza di avvolgimento di circa 3,5 pollici (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 1,2°).

Le fibre rivestite sono circondate e rivestite da un materiale ammortizzante 16 quale un materiale elastomerico, ad esempio gli elastomeri siliconici e simili. E' prevista l'aggiunta ulteriore di elastomero o altro materiale di annegamento adatto, per parzialmente o, come illustrato, completamente riempire il tubo 12 durante la fabbricazione del tubo stesso nel suo complesso.

Detto tubo 12 è costruito a partire da sezioni semicilindriche 20 che vengono preformate per laminazione o trafilatura da un filo metallico ricotto. Sebbene l'esempio illustrato preveda due sezioni 20, il tubo 10 può essere formato da un qualunque numero di sezioni, o parti. Uno spessore di parete adatto per le due sezioni sarebbe quello di circa 0,27 ± 0,002 pollici (6,858 mm ± 0,0508 mm). La laminazione o la trafilatura delle sezioni cilindriche indurisce per lavorazione il metallo prima che vi sia racchiusa la fibra. Le sezioni cilindriche sono prodotte da filo in acciaio o altra lega che si può facoltativamente indurire per precipitazione per ottenere una resistenza elevata allo

snervamento per trattamento termico prima della saldatura. L'indurimento per precipitazione è definito come un processo di indurimento nel quale un costituente precipita da una soluzione solida ipersatura. In tal modo, al metallo indurito per lavorazione può essere impartita una più accentuata resistenza allo snervamento mediante l'indurimento per precipitazione. Possono essere usate macchine e procedimenti standard di laminazione -quali quelli impiegati dalla Shaped Wire Co. dell'Illinois- per ridurre il filo, per schiacciamento, nelle sezioni semicilindriche 20 che formano il tubo 18. Esempi adatti di filo in acciaio inossidabile o altro materiale adatto sono: l'acciaio inossidabile PH 17-7, un prodotto della Armco; la lega non ferrosa MP-35, un prodotto della Latrobe Steel Co., Latrobe, PA. Le sezioni formate dai fili dovranno avere un limite di snervamento maggiore di circa 100.000 lbs/poll.q. (7030 Kg/cm^2) e preferibilmente maggiore di circa 150.000 lbs/poll.q. (10545 Kg/cm^2)Se necessita un limite di snervamento più elevato, detti materiali in filo possono essere induriti per precipitazione fino ad ottenere limiti di snervamento superiori a circa 250.000 lbs/poll.q.(17575 Kg/cm^2).Ciò corrisponde ad una deformazione al limite di elasticità maggiore di circa 0,85. Detta deformazione è definita come la massima sollecitazione o carico che può essere applicato senza sostanziale deformazione permanente del campione di prova. Ciò per-

mette di far passare il tubo attorno ad una carrucola del diametro di 36 poll. (914,4 mm) e preferibilmente di 24 poll. (609,6 mm) o meno, o di avvolgerlo attorno ad un tambuto avvolgicavo degli stessi diametri, o meno, di cui sopra, sotto carico di lavoro, senza snervamento o cedimento anelastico.

Le sezioni 20 combaciano longitudinalmente fra loro formando il tubo 12. Le linee di giunzione longitudinali vanno soggette soltanto ad una piccola sollecitazione di taglio secondaria quando il tubo è curvato attorno ad una puleggia o ad una bobina. Le sezioni 20 vengono pressate assieme e saldate dove i bordi s'incontrano mediante saldature 21 in modo da chiudervi ermeticamente all'interno le fibre 14. Durante la costruzione del tubo, le fibre cordate e protette con rivestimento "respingente" vengono fatte avanzare così come arrivano unite assieme, con un gioco sufficiente ad evitare pinzamenti. La saldatura è preferibilmente effettuata al laser, il quale consente una fusione pulita che può essere confinata ad un piccolo volume che non penetra da parte a parte la parete e che pertanto non ricuoce l'intero spessore di parete e non è distruttivo per le fibre ammortizzate. Facoltativamente, ai fini di una ulteriore protezione, il tubo completato può essere rivestito con una plastica dura costituita da un materiale adatto quale polivinilidene difluoruro (Kynar) o polietere-

manda con questo riferimento.

Nell'esempio di esecuzione preferito, lo spazio per il tubo centrale ermeticamente chiuso 12 è delimitato da almeno sei elementi 22, quali dei trefoli conduttori, applicati attorno all'anima centrale 12 con senso di avvolgimento destrorso e una lunghezza di avvolgimento di 3,5 pollici (88,9 mm :) (angolo di avvolgimento 9,8°). Per disporre di un diametro più grande per l'anima centrale 12, viene usato un numero maggiore -ad esempio otto, come illustrato- di elementi conduttori per definire lo spazio per detta anima centrale. Gli elementi conduttori 22 dovranno essere prodotti in un materiale che minimizzi le deformazioni e sia atto ad interbloccarsi con l'armatura interna 24. Degli elementi conduttori adatti sono costituiti in filo di acciaio massiccio placcato con rame, avente un diametro di circa 0,0403 ± 1%. (1,016 mm)

Gli elementi conduttori dovranno avere una conducibilità minima del 60%, minimo dell' "International Annealed Cooper Standard"(IACS) con un limite di snervamento di circa 0,9% minimo, scarto 0,2%. Un materiale che risponde a questi requisiti è il Copperweld (nome depositato). Il filo massiccio in acciaio placcato al rame è rivestito con un isolante quale Kynar, fino ad un diametro esterno di circa 0,071 pollici (1,803 mm). Il tubo ermeticamente chiuso 12 e gli elementi conduttori 22 dovranno avere un dia-

metro esterno combinato di circa 0,262 pollici (6,654 mm) Gli elementi conduttori 22 sono circondati da un numero almeno doppio di fili di armatura interna 24. Nella presente soluzione preferita, i sedici fili di armatura interna 24 dovranno essere costituiti da fili per funi trafilati, galvanizzati, in acciaio duro (AISI), o altro materiale adatto, con un diametro di circa 0,0575 pollici (1,447 mm) ±1%, minima resistenza a trazione di circa 244 KPSI minime torsioni (8" = 203,2 mm) di circa 39, e un'aderenza del rivestimento verificata in base alla prova di avvolgimento su mandrino 3D. I fili di armatura interna 24 sono applicati come parte del fascio centrale 30 con senso destrorso dell'avvolgimento e lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento di 15,5°). Il fascio centrale 30 ha un diametro esterno di circa 0,368 pollici (8,347 mm). E' importante che i sedici fili di armatura interna 24 siano elettrogalvanizzati con finitura liscia e lucida, quale ottenute con un minimo rivestimento di zinco di circa 0,2 once/piede quadrato (circa 8,5 u) I fili di armatura interna 24 sono situati adiacenti ai conduttori isolati e quindi devono presentare una interfaccia liscia per trasmettere i carichi di compressione ai fili isolati.

Durante la costruzione del fascio centrale 30, all'esterno dell'armatura interna 24 viene applicato un materiale di

protezione 26 adatto alle condizioni ambientali in cui è destinato ad operare il cavo 10. Fra i materiali adatti per cavi destinati alla registrazione dei dati di sondaggio nei pozzi vanno citati i composti di carica a base di gomma nitrile, e simili. I fili di armatura interna 24 sono avvolti attorno agli elementi conduttori 22 come illustrato, in modo da lasciare spazio per l'introduzione di otto elementi interstiziali 28. Gli otto elementi interstiziali sono opzionali e possono essere costituiti sia da un lubrificante anticorrosione 26, quale il composto TMS 5878 prodotto dalla Quaker Chemical Company, sia da fili o da conduttori isolati, oppure da fibre ottiche incamiciate. Gli elementi interstiziali 28 sono applicati col medesimo senso di avvolgimento dei fili conduttori 22 e dei fili di armatura interna 24. Essi sono commessi con senso di avvolgimento destrorso e lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 12,5°). Gli elementi interstiziali 28 dovranno avere un diametro esterno massimo di circa 0,028 pollici (0,711 mm), minimo rivestimento di zinco di circa 0,1 oncia/piede^2 (circa 4,25 μ) minima resistenza a trazione di circa 251 KPSI, minimo numero di torsioni (8"= 203,2 mm) di circa 83, e un'aderenza del rivestimento verificata mediante la prova di avvolgimento su mandrino 2D. Se gli elementi interstiziali 28 sono usati per controllare la posa dei fili di armatura interna 24,

vi sono ventiquattro elementi costituenti i fili di armatura esterna 32. Tali elementi di armatura esterna 32 dovranno essere costituiti da fili per produzione di funi in acciaio duro migliorato, galvanizzati (AISI) o da altri materiali adatti aventi un diametro di circa 0,049 poll. (1,244 mm) ±1%, minimo rivestimento di zinco di circa 0,4 oncia/piede^2 (circa 17,03 u), prova secondo prescrizioni ASTM A-90, minima resistenza a trazione di circa 246 KPSI, prova secondo prescrizioni ASTM E-8, minimo numero di torsioni (8"= 203,2 mm) di circa 47, prova secondo prescrizioni FED SPEC RR-W-410, e un rivestimento la cui aderenza risponde alle prescrizioni ASTM A-641, prova con l'uso del mandrino 3D. I fili 32 sono preferibilmente preformati e applicati con un senso di avvolgimento opposto a quello degli elementi 22 e 24. Nel caso specifico, il senso di avvolgimento dei fili di armatura esterna 32 dovrà essere quello sinistrorso e la lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 20,5°). Quando vengono applicati i fili di armatura esterna 32, il fascio centrale 30 viene rivestito con un materiale resistente alla corrosione e lubrificante 34, quale il TMS5878, e simile. Le dimensioni complessive del cavo ottico 10 saranno di circa 0,469 pollici (11,912 mm) Il cavo armato contenente il tubo ermeticamente chiuso è prodotto formando anzitutto il tubo in una singola ope-

estruso un rivestimento di una plastica ad alto punto di fusione quale il PEEK o il kynar (nomi depositati), per ridurre la diffusione dell'acqua salmastra nelle punte di spillo eventualmente lasciate dalla saldatura, nonché per proteggere il metallo dalla corrosione. Adatte estrusioni di rivestimento sono prodotte dalla Berk Tek Co., Pennsylvania. Dopo la costruzione del tubo 12, viene formato il fascio centrale 30 prelevando il materiale da una stazione di bobine planetarie, e sul fascio centrale vengono applicati direttamente i fili di armatura esterna 32 prelevati da una stazione in tandem di bobine planetarie. I fili di armatura esterna 32 vengono applicati con un senso di avvolgimento opposto, in modo che i momenti torcenti esercitati da detti fili di armatura interna ed esterna siano sostanzialmente equilibrati. Un metodo adatto di equilibratura dei fili di armatura esterna 32 e dei fili di armatura interna 24 avvolti in controspirale, è descritto nel brevetto U.S. N. 4317000 completamente incorporato qui come riferimento. Le macchine per la fabbricazione del cavo secondo l'invenzione sono note nel settore come macchine di cordatura planetaria. Una fonte adatta per la costruzione del cavo è rappresentata dalla Blake Wire and Cable Company di Torrence, California. Naturalmente, il cavo può anche essere costruito mediante una macchina per fabbricazione di cavi ad avvolgitore a tubo; tuttavia, in questo caso

24. Procedimento secondo rivendicazione 23, caratterizzato da ciò che la giunzione è effettuata mediante saldatura al laser.

25. Procedimento secondo rivendicazione 23, caratterizzato da ciò che dette sezioni vengono sottoposte a indurimento per precipitazione prima della saldatura, per aumentare la resistenza allo snervamento delle sezioni finite.

26. Procedimento secondo rivendicazione 24, caratterizzato da ciò che i fili ricotti sono prodotti a partire dall'acciaio inossidabile o da leghe non ferrose ad elevata resistenza alla trazione.

27. Procedimento secondo rivendicazioni 23 o 25 caratterizzato inoltre da ciò che comprende l'iniezione di un elastomero nell'interno di una sezione e su dette fibre ammortizzate prima della formazione di detto tubo.

28. Procedimento secondo le rivendicazioni 23 o 25 caratterizzato inoltre da ciò che comprende la formazione di un rivestimento di plastica resistente alle alte temperature attorno a detto tubo ermeticamente chiuso.

29. Procedimento secondo le rivendicazioni 23, 24, 25, 26, 27 o 28, caratterizzato inoltre da ciò che prevede:- l'avvolgimento ad elica di elementi conduttori attorno a detto tubo, essendo detto avvolgimento effettuato secondo un dato senso o chiralità, e una data lunghezza di avvolgimento; l'avvolgimento ad elica attorno ai detti elementi conduttori di

ON.LE MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO E ARTIGIANATO 06163

Ufficio Centrale Brevetti

R O M A

Istanza di correzione formale -

Il sottoscritto Dott.Ing.Prof. Alfredo RAIMONDI, mandatario della CHEVRON RESEARCH COMPANY, ha depositato, presso l'UPICA di Milano, in data 12 Agosto 1983, la domanda di brevetto per Invenzione Industriale N° 22541 A/83, dal titolo: "Tubo ermeticamente chiuso incorporante una fibra ottica e circondato da un cavo armato".

Con la presente il sottoscritto mandatario

chiede

che, a causa di errori materiali di trascrizione, vengano apportate, sul testo della descrizione, le seguenti modifiche:

A pag. 1, riga 18, sostituire "RIVENDICAZIONI" con "DESCRIZIONE";

A pag. 5, riga 24, sostituire "discesa" con "calata";

A pag. 7, riga 3, sostituire "anelstiche" con "anelastiche";

A pag. 10, riga 4, sostituire "respingente" con "ammortizzante";

A pag. 10, riga 22, sostituire "è lungo:" con "ha lunghezza";

A pag. 13, riga 17, sostituire la referenza "10" con "12";

A pag. 13, riga 20, sostituire "0,27" con "0,027";

A pag. 13, riga 20, sostituire "6,858" con "0,6858";

A pag. 14, riga 11, sostituire la referenza "18" con "12";

A pag. 14, righe 23-24, sostituire "Detta deformazione è definita come la massima sollecitazione o carico" con "Deformazione al limite di elasticità è definita come il massimo allungamento percentuale";

A pag. 15, riga 4, sostituire "degli stessi diametri, o meno, di cui sopra" con "di 36 poll. (914,4 mm) e preferibilmente di 24 poll. (609,6 mm) o meno";

A pag. 15, riga 15, sostituire "respingente" con "ammortizzante";

A pag. 15, riga 25, sostituire "polivinilidene difluoruro" con "difluoruro di polivinilidene";

A pag. 17, riga 18, sostituire "Cooper" con "Copper";

A pag. 17, riga 19, sostituire "un limite di" con "una deformazione allo";

A pag. 18, riga 1, dopo "(6,654 mm)" aggiungere un punto;

A pag. 18, riga 8, dopo "KPSI" aggiungere "(171,532 Kg/mm^2)";

A pag. 18, riga 16, sostituire "8,347" con "9,347";

A pag. 18, riga 19, sostituire "(circa 8,5 μ)" con "(circa 61,031 g/m^2).";

A pag. 19, riga 20, sostituire "(circa 4,25 μ)" con "(circa 30,515 g/m^2),";

A pag. 19, riga 21, dopo "KPSI" aggiungere "(176,453 Kg/mm^2)";

A pag. 21, riga 7, sostituire "(circa 17,03 μ)" con "(circa 122,062 g/m^2)";

A pag. 21, riga 9, dopo "KPSI" aggiungere "(172,938 Kg/mm^2)";

A pag. 24, riga 2, sostituire "kynar" con "Kynar";

A pag. 32, righe 6-7, sostituire "la resistenza allo" con "il carico di".

Si allegano:

13 pagine della descrizione con postille in duplo;

Allegato "A" in duplo;

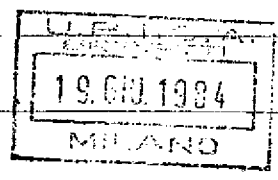
1 copia ex-novo delle 13 pagine corrette.

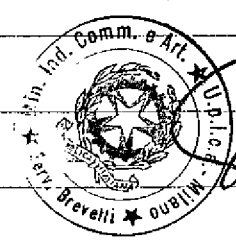
Con osservanza.

per CHEVRON RESEARCH COMPANY

19 GIU. 1984

PER INCARICO
Dott. Ing. Alfredo Raimondi





Allegato "A"

Rettifiche alla descrizione della domanda di brevetto depositata il 12 Agosto 1983 contenute in N° 25 Postille, richieste con istanza depositata il 19 GIU. 1984

Postilla 1 - sostituire "RIVENDICAZIONI" con "DESCRIZIONE".

Postilla 2 - sostituire "discesa" con "calata".

Postilla 3 - sostituire "anelstiche" con "anelastiche".

Postilla 4 - sostituire "respingente" con "ammortizzante".

Postilla 5 - sostituire "è lungo:" con "ha lunghezza".

Postilla 6 - sostituire la referenza "10" con "12".

Postilla 7 - sostituire "0,27" con "0,027".

Postilla 8 - sostituire "6,858" con "0,6858".

Postilla 9 - sostituire la referenza "18" con "12".

Postilla 10 - sostituire "Detta deformazione è definita come la massima sollecitazione o carico" con "Deformazione al limite di elasticità è definita come il massimo allungamento percentuale".

Postilla 11 - sostituire "degli stessi diametri, o meno, di cui sopra" con "di 36 poll. (914,4 mm) e preferibilmente di 24 poll. (609,6 mm) o meno".

Postilla 12 - sostituire "respingente" con "ammortizzante".

Postilla 13 - sostituire "polivinilidene difluoruro" con "difluoruro di polivinilidene".

Postilla 14 - sostituire "Cooper" con "Copper".

Postilla 15 - sostituire "un limite di" con "una deformazione allo".

./.

Postilla 16 - dopo "(6,654 mm)" aggiungere un punto.

Postilla 17 - dopo "KPSI" aggiungere "(171,532 Kg/mm^2)".

Postilla 18 - sostituire "8,347" con "9,347".

Postilla 19 - sostituire "(circa 8,5 μ)" con "(circa 61,031 g/m^2).".

Postilla 20 - sostituire "(circa 4,25 μ)" con "(circa 30,515 g/m^2),".

Postilla 21 - dopo "KPSI" aggiungere "(176,453 Kg/mm^2)".

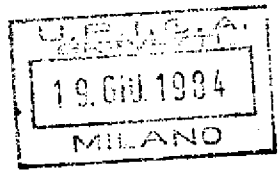
Postilla 22 - sostituire "(circa 17,03 μ)" con "(circa 122,062 g/m^2)".

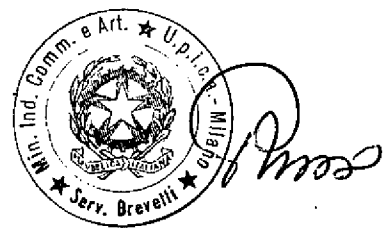
Postilla 23 - dopo "KPSI" aggiungere "(172,938 Kg/mm^2)".

Postilla 24 - sostituire "kynar" con "Kynar".

Postilla 25 - sostituire "la resistenza allo" con "il carico di".

PER INCARICO
Dott. Ing. Alfredo Raimondi





DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Tubo ermeticamente chiuso incorporante una fibra ottica e circondato da un cavo armato"

di CHEVRON RESEARCH COMPANY, di nazionalità statunitense, con sede a Wilmington, Delaware (U.S.A.), 100 West Tenth Street.

Inventori designati: Robert Everette THOMPSON, Gordon GOULD e Charles I. SOODAK.

Depositata il:

RIASSUNTO

L'invenzione riguarda un tubo ermeticamente chiuso incorporante una fibra ottica e un cavo armato contenente detto tubo ermeticamente chiuso. Il cavo ottico armato risponde con minimo allungamento anelastico alla tensione a temperature elevate ed è capace di resistere a condizioni ambientali estremamente severe.

RIVENDICAZIONI

☐ Postilla 1

La presente invenzione si riferisce alle fibre ottiche e ai cavi armati. Più specificamente, l'invenzione riguarda i tubi ermeticamente chiusi contenenti fibre ottiche e i cavi armati contenenti fibre ottiche.

I cavi elettromeccanici convenzionali per applicazioni quali la registrazione delle misurazioni dopo il sondaggio di pozzi petroliferi, includono dei conduttori metallici

micropiegatura nelle fibre vengono grandemente ridotte rivestendo prima le fibre con un elastomero morbido quale una gomma siliconica, e incassando tale fibra ammortizzata in una camicia rigida atta a resistere alle forze esterne. Tuttavia, le materie plastiche come la gomma silicone perdono la loro integrità nelle condizioni ambientali estremamente severe che si hanno ad esempio nel fondo di un pozzo profondo, ossia, quando assoggettate ad acqua salmastra calda, a pressioni fino a 20.000 lbs/poll.q (1406 Kg/cm^2) e temperature fino a 500°F(260°C)

Sarebbe pertanto vantaggioso disporre di un tubo a chiusura stagna, contenente almeno una fibra ottica, che si possa incorporare in un cavo per la registrazioni dei dati di sondaggio nei pozzi. Il tubo permetterebbe di minimizzare la micropiegatura della fibra, e il cedimento da microscrepolature, indotto per umidità nella fibra stessa.

Una condizione necessaria per una registrazione esatta dei dati di misurazione di un foro di sondaggio, è la conoscenza esatta della posizione del mezzo di registrazione entro detto foro. La posizione del mezzo è definita dalla lunghezza reale del cavo di registrazione sospeso nel foro di sondaggio. La lunghezza reale del cavo sospeso può essere determinata in base ad una conoscenza della quantità di tratto di cavo non sollecitato che è stata discesa nel pozzo, più una conoscenza delle caratteristiche di allungamento/

Postilla 2 .

così il conduttore risulta sempre intero e il cavo rimane funzionale. Perciò, i cavi di registrazione convenzionali possono sopportare considerevoli deformazioni anelstiche ed elastiche, pur mantenendosi funzionali.

□ Postilla 3

I cavi per la registrazione di dati nei pozzi sono generalmente costruiti con due strati di fili di armatura esterna in acciaio. I fili di armatura sono preformati e applicati a guisa di eliche o spirali di verso o chiralità opposte, per impedire al cavo di "disavvolgersi" quando supporta un carico sospeso liberamente. Internamente alla camicia armata possono esservi sette conduttori di rame isolati disposti in numero di sei intorno ad uno, ad eliche di senso generalmente opposto a quelle dei fili di acciaio dello strato di armatura interno. Tuttavia, non esiste alcuna correlazione definita fra le eliche o spirali dei conduttori di rame e quelle dei fili di armatura interna, giacché esse vengono aggiunte in fasi di fabbricazione separate e di solito con uno strato di appoggio in materiale cedevole fra le medesime. Un risultato di questa geometria convenzionale di strutturazione dei cavi è che l'interfaccia fra i fili di armatura interna e i sottostanti conduttori isolati, consiste di una molteplicità di punti d'incrocio separati dal materiale cedevole di appoggio.

Quando un cavo convenzionale per la registrazione delle misurazioni nei pozzi viene posto in tensione a temperature

torcigliati o cordati in una configurazione "uniavvolgimento" di una data chiralità attorno al tubo centrale ermeticamente chiuso secondo l'invenzione, il quale tubo contiene almeno una fibra protetta dal rivestimento "respingente". Come si è detto, detta fibra è una fibra ottica rivestita con un adatto materiale ammortizzante, quale un elastomero. Il tubo è costruito in modo che le fibre siano ermeticamente suggellate in esso con un minimo di deformazione e microcpiegature indotte dal processo. Postilla 4

Una configurazione ad "uniavvolgimento" è definita come un fascio di elementi di cavo dove ciascun elemento è in continuo contatto con, ed è disposto secondo lo stesso orientamento, rispetto agli elementi ad esso immediatamente vicini. Le sezioni trasversali del fascio centrale sono identiche in ogni punto lungo il cavo, eccetto per una rotazione attorno all'asse centrale. La costruzione ad uniavvolgimento distribuisce le forze trasversali in modo continuo lungo i componenti in contatto, invece di concentrare le forze nei punti d'incrocio come negli strati di elementi di cavo formati in controspirale o strati di elementi cordati unidirezionalmente che hanno lunghezze differenti di avvolgimento. Il tratto di avvolgimento del cavo è lungo: Postilla 5

dell'ordine di circa 3,5 pollici (88,9 mm)

per un cavo con un diametro esterno di circa 0,5 pollici

(12,7 mm). E' definita "lunghezza di avvolgimento"

essere preferibilmente attorcigliate fra loro col medesimo senso elicoidale degli elementi 22 e dei fili di armatura interna 24 del fascio centrale 30. Ad esempio, le tre fibre illustrate hanno un senso di avvolgimento destrorso e una lunghezza di avvolgimento di circa 3,5 pollici (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 1,2°).

Le fibre rivestite sono circondate e rivestite da un materiale ammortizzante 16 quale un materiale elastomerico, ad esempio gli elastomeri siliconici e simili. E' prevista l'aggiunta ulteriore di elastomero o altro materiale di annegamento adatto, per parzialmente o, come illustrato, completamente riempire il tubo 12 durante la fabbricazione del tubo stesso nel suo complesso.

Detto tubo 12 è costruito a partire da sezioni semicilindriche 20 che vengono preformate per laminazione o trafilatura da un filo metallico ricotto. Sebbene l'esempio illustrato preveda due sezioni 20, il tubo [10] può essere formato da un qualunque numero di sezioni, o parti. Uno spessore di parete adatto per le due sezioni sarebbe quello di circa [0,27] ± 0,002 pollici ([6,858] mm ± 0,0508 mm). La laminazione o la trafilatura delle sezioni cilindriche indurisce per lavorazione il metallo prima che vi sia racchiusa la fibra. Le sezioni cilindriche sono prodotte da filo in acciaio o altra lega che si può facoltativamente indurire per precipitazione per ottenere una resistenza elevata allo

Postilla 6

Postille 7 e 8

snervamento per trattamento termico prima della saldatura. L'indurimento per precipitazione è definito come un processo di indurimento nel quale un costituente precipita da una soluzione solida ipersatura. In tal modo, al metallo indurito per lavorazione può essere impartita una più accentuata resistenza allo snervamento mediante l'indurimento per precipitazione. Possono essere usate macchine e procedimenti standard di laminazione -quali quelli impiegati dalla Shaped Wire Co. dell'Illinois- per ridurre il filo, per schiacciamento, nelle sezioni semicilindriche 20 che formano il tubo 18. Esempi adatti di filo in acciaio inossidabile o altro materiale adatto sono: l'acciaio inossidabile PH 17-7, un prodotto della Armco; la lega non ferrosa MP-35, un prodotto della Latrobe Steel Co., Latrobe, PA. Le sezioni formate dai fili dovranno avere un limite di snervamento maggiore di circa 100.000 lbs/poll.q. (7030 Kg/cm^2) e preferibilmente maggiore di circa 150.000 lbs/poll.q. (10545 Kg/cm^2) Se necessita un limite di snervamento più elevato, detti materiali in filo possono essere induriti per precipitazione fino ad ottenere limiti di snervamento superiori a circa 250.000 lbs/poll.q.(17575 Kg/cm^2). Ciò corrisponde ad una deformazione al limite di elasticità maggiore di circa 0,85. Detta deformazione è definita come la massima sollecitazione o carico che può essere applicato senza sostanziale deformazione permanente del campione di prova. Ciò per-

□ Postilla 9

□ Postilla 10

mette di far passare il tubo attorno ad una carrucola del diametro di 36 poll. (914,4 mm) e preferibilmente di 24 poll. (609,6 mm) o meno, o di avvolgerlo attorno ad un tambuto avvolgicavo degli stessi diametri, o meno, di cui sopra, sotto carico di lavoro, senza snervamento o cedimento anelastico. □ Postilla 11

Le sezioni 20 combaciano longitudinalmente fra loro formando il tubo 12. Le linee di giunzione longitudinali vanno soggette soltanto ad una piccola sollecitazione di taglio secondaria quando il tubo è curvato attorno ad una puleggia o ad una bobina. Le sezioni 20 vengono pressate assieme e saldate dove i bordi s'incontrano mediante saldature 21 in modo da chiudervi ermeticamente all'interno le fibre 14. Durante la costruzione del tubo, le fibre cordate e protette con rivestimento "respingente" vengono fatte avanzare così come arrivano unite assieme, con un gioco sufficiente ad evitare pinzamenti. La saldatura è preferibilmente effettuata al laser, il quale consente una fusione pulita che può essere confinata ad un piccolo volume che non penetra da parte a parte la parete e che pertanto non ricuoce l'intero spessore di parete e non è distruttivo per le fibre ammortizzate. Facoltativamente, ai fini di una ulteriore protezione, il tubo completato può essere rivestito con una plastica dura costituita da un materiale adatto quale polivinilidene difluoruro (Kynar) o polietere- □ Postilla 12 □ Postilla 13

manda con questo riferimento.

Nell'esempio di esecuzione preferito, lo spazio per il tubo centrale ermeticamente chiuso 12 è delimitato da almeno sei elementi 22, quali dei trefoli conduttori, applicati attorno all'anima centrale 12 con senso di avvolgimento destrorso e una lunghezza di avvolgimento di 3,5 pollici (88,9 mm :) (angolo di avvolgimento 9,8°). Per disporre di un diametro più grande per l'anima centrale 12, viene usato un numero maggiore -ad esempio otto, come illustrato- di elementi conduttori per definire lo spazio per detta anima centrale. Gli elementi conduttori 22 dovranno essere prodotti in un materiale che minimizzi le deformazioni e sia atto ad interbloccarsi con l'armatura interna 24. Degli elementi conduttori adatti sono costituiti in filo di acciaio massiccio placcato con rame, avente un diametro di circa 0,0403 ± 1%. (1,016 mm)

Gli elementi conduttori dovranno avere una conducibilità minima del 60%, minimo dell' "International Annealed Cooper Standard"(IACS) con un limite di snervamento di circa 0,9% minimo, scarto 0,2%. Un materiale che risponde a questi requisiti è il Copperweld (nome depositato). Il filo massiccio in acciaio placcato al rame è rivestito con un isolante quale Kynar, fino ad un diametro esterno di circa 0,071 pollici (1,803 mm). Il tubo ermeticamente chiuso 12 e gli elementi conduttori 22 dovranno avere un dia-

□ Postilla 14

□ Postilla 15

metro esterno combinato di circa 0,262 pollici (6,654 mm). Postilla 16

Gli elementi conduttori 22 sono circondati da un numero almeno doppio di fili di armatura interna 24. Nella presente soluzione preferita, i sedici fili di armatura interna 24 dovranno essere costituiti da fili per funi trafilati, galvanizzati, in acciaio duro (AISI), o altro materiale adatto, con un diametro di circa 0,0575 pollici (1,447 mm) ±1%, minima resistenza a trazione di circa 244 KPSI Postilla 17 minime torsioni (8" = 203,2 mm) di circa 39, e un'aderenza del rivestimento verificata in base alla prova di avvolgimento su mandrino 3D. I fili di armatura interna 24 sono applicati come parte del fascio centrale 30 con senso destrorso dell'avvolgimento e lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento di 15,5°). Il fascio centrale 30 ha un diametro esterno di circa 0,368 pollici (8,347 mm). E' importante che i sedici fili di armatura interna 24 siano elettrogalvanizzati con finitura liscia e lucida, quale ottenuta con un minimo rivestimento di zinco di circa 0,2 once/piede quadrato (circa 8,5 u) Postilla 18 Postilla 19 I fili di armatura interna 24 sono situati adiacenti ai conduttori isolati e quindi devono presentare una interfaccia liscia per trasmettere i carichi di compressione ai fili isolati.

Durante la costruzione del fascio centrale 30, all'esterno dell'armatura interna 24 viene applicato un materiale di

protezione 26 adatto alle condizioni ambientali in cui è destinato ad operare il cavo 10. Fra i materiali adatti per cavi destinati alla registrazione dei dati di sondaggio nei pozzi vanno citati i composti di carica a base di gomma nitrile, e simili. I fili di armatura interna 24 sono avvolti attorno agli elementi conduttori 22 come illustrato, in modo da lasciare spazio per l'introduzione di otto elementi interstiziali 28. Gli otto elementi interstiziali sono opzionali e possono essere costituiti sia da un lubrificante anticorrosione 26, quale il composto TMS 5878 prodotto dalla Quaker Chemical Company, sia da fili o da conduttori isolati, oppure da fibre ottiche incamiciate. Gli elementi interstiziali 28 sono applicati col medesimo senso di avvolgimento dei fili conduttori 22 e dei fili di armatura interna 24. Essi sono commessi con senso di avvolgimento destrorso e lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 12,5°). Gli elementi interstiziali 28 dovranno avere un diametro esterno massimo di circa 0,028 pollici (0,711 mm), minimo rivestimento di zinco di circa 0,1 oncia/piede^2 (circa 4,25/u) Postilla 20. minima resistenza a trazione di circa 251 KPSI, minime numero di Postilla 21 torsioni (8"=203,2 mm) di circa 83, e un'aderenza del rivestimento verificata mediante la prova di avvolgimento su mandrino 2D. Se gli elementi interstiziali 28 sono usati per controllare la posa dei fili di armatura interna 24,

vi sono ventiquattro elementi costituenti i fili di armatura esterna 32. Tali elementi di armatura esterna 32 dovranno essere costituiti da fili per produzione di funi in acciaio duro migliorato, galvanizzati (AISI) o da altri materiali adatti aventi un diametro di circa 0,049 poll. (1,244 mm) ±1%, minimo rivestimento di zinco di circa 0,4 oncia/piede^2 (circa 17,03 u), prova secondo prescrizioni ASTM A-90, minima resistenza a trazione di circa 246 KPSI, prova secondo prescrizioni ASTM E-8, minimo numero di torsioni (8"= 203,2 mm) di circa 47, prova secondo prescrizioni FED SPEC RR-W-410, e un rivestimento la cui aderenza risponde alle prescrizioni ASTM A-641, prova con l'uso del mandrino 3D. I fili 32 sono preferibilmente preformati e applicati con un senso di avvolgimento opposto a quello degli elementi 22 e 24. Nel caso specifico, il senso di avvolgimento dei fili di armatura esterna 32 dovrà essere quello sinistrorso e la lunghezza di avvolgimento di 3,5 poll. (88,9 mm) (angolo di avvolgimento 20,5°). Quando vengono applicati i fili di armatura esterna 32, il fascio centrale 30 viene rivestito con un materiale resistente alla corrosione e lubrificante 34, quale il TMS5878, e simile. Le dimensioni complessive del cavo ottico 10 saranno di circa 0,469 pollici (11,912 mm) Il cavo armato contenente il tubo ermeticamente chiuso è prodotto formando anzitutto il tubo in una singola ope-

Postilla 22

Postilla 23

estruso un rivestimento di una plastica ad alto punto di fusione quale il PEEK o il kynar (nomi depositati), per ridurre la diffusione dell'acqua salmastra nelle punte di spillo eventualmente lasciate dalla saldatura, nonché per proteggere il metallo dalla corrosione. Adatte estrusioni di rivestimento sono prodotte dalla Berk Tek Co., Pennsylvania. Dopo la costruzione del tubo 12, viene formato il fascio centrale 30 prelevando il materiale da una stazione di bobine planetarie, e sul fascio centrale vengono applicati direttamente i fili di armatura esterna 32 prelevati da una stazione in tandem di bobine planetarie. I fili di armatura esterna 32 vengono applicati con un senso di avvolgimento opposto, in modo che i momenti torcenti esercitati da detti fili di armatura interna ed esterna siano sostanzialmente equilibrati. Un metodo adatto di equilibratura dei fili di armatura esterna 32 e dei fili di armatura interna 24 avvolti in controspirale, è descritto nel brevetto U.S. N. 4317000 completamente incorporato qui come riferimento. Le macchine per la fabbricazione del cavo secondo l'invenzione sono note nel settore come macchine di cordatura planetaria. Una fonte adatta per la costruzione del cavo è rappresentata dalla Blake Wire and Cable Company di Torrence, California. Naturalmente, il cavo può anche essere costruito mediante una macchina per fabbricazione di cavi ad avvolgitore a tubo; tuttavia, in questo caso

Postilla 24

24. Procedimento secondo rivendicazione 23, caratterizzato da ciò che la giunzione è effettuata mediante saldatura al laser.

25. Procedimento secondo rivendicazione 23, caratterizzato da ciò che dette sezioni vengono sottoposte a indurimento per precipitazione prima della saldatura, per aumentare la resistenza allo snervamento delle sezioni finite.

Postilla 25.

26. Procedimento secondo rivendicazione 24, caratterizzato da ciò che i fili ricotti sono prodotti a partire dall'acciaio inossidabile o da leghe non ferrose ad elevata resistenza alla trazione.

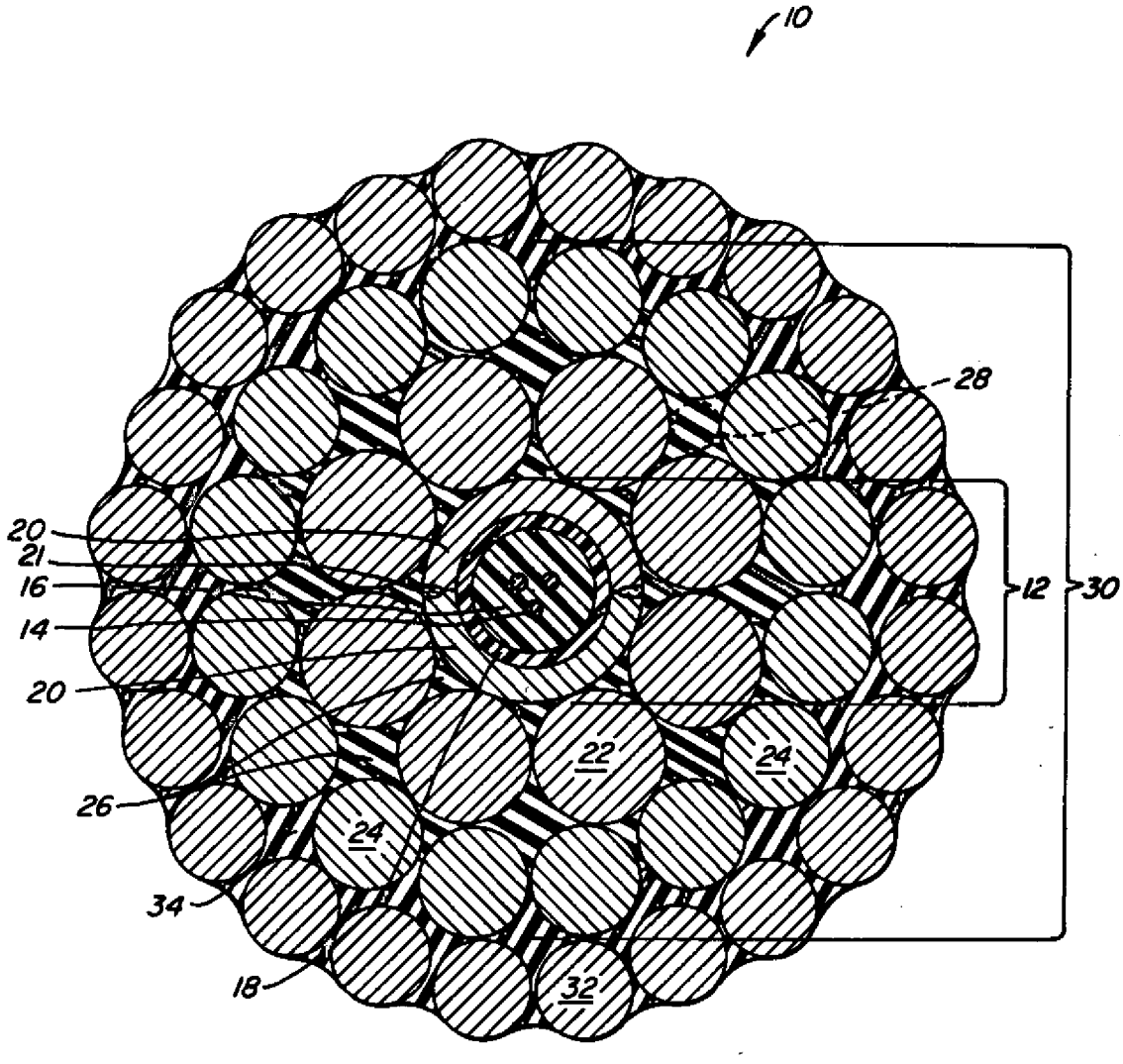
27. Procedimento secondo rivendicazioni 23 o 25 caratterizzato inoltre da ciò che comprende l'iniezione di un elastomero nell'interno di una sezione e su dette fibre ammortizzate prima della formazione di detto tubo.

28. Procedimento secondo le rivendicazioni 23 o 25 caratterizzato inoltre da ciò che comprende la formazione di un rivestimento di plastica resistente alle alte temperature attorno a detto tubo ermeticamente chiuso.

29. Procedimento secondo le rivendicazioni 23, 24, 25, 26, 27 o 28, caratterizzato inoltre da ciò che prevede:- l'avvolgimento ad elica di elementi conduttori attorno a detto tubo, essendo detto avvolgimento effettuato secondo un dato senso o chiralità, e una data lunghezza di avvolgimento; l'avvolgimento ad elica attorno ai detti elementi conduttori di

ITALY

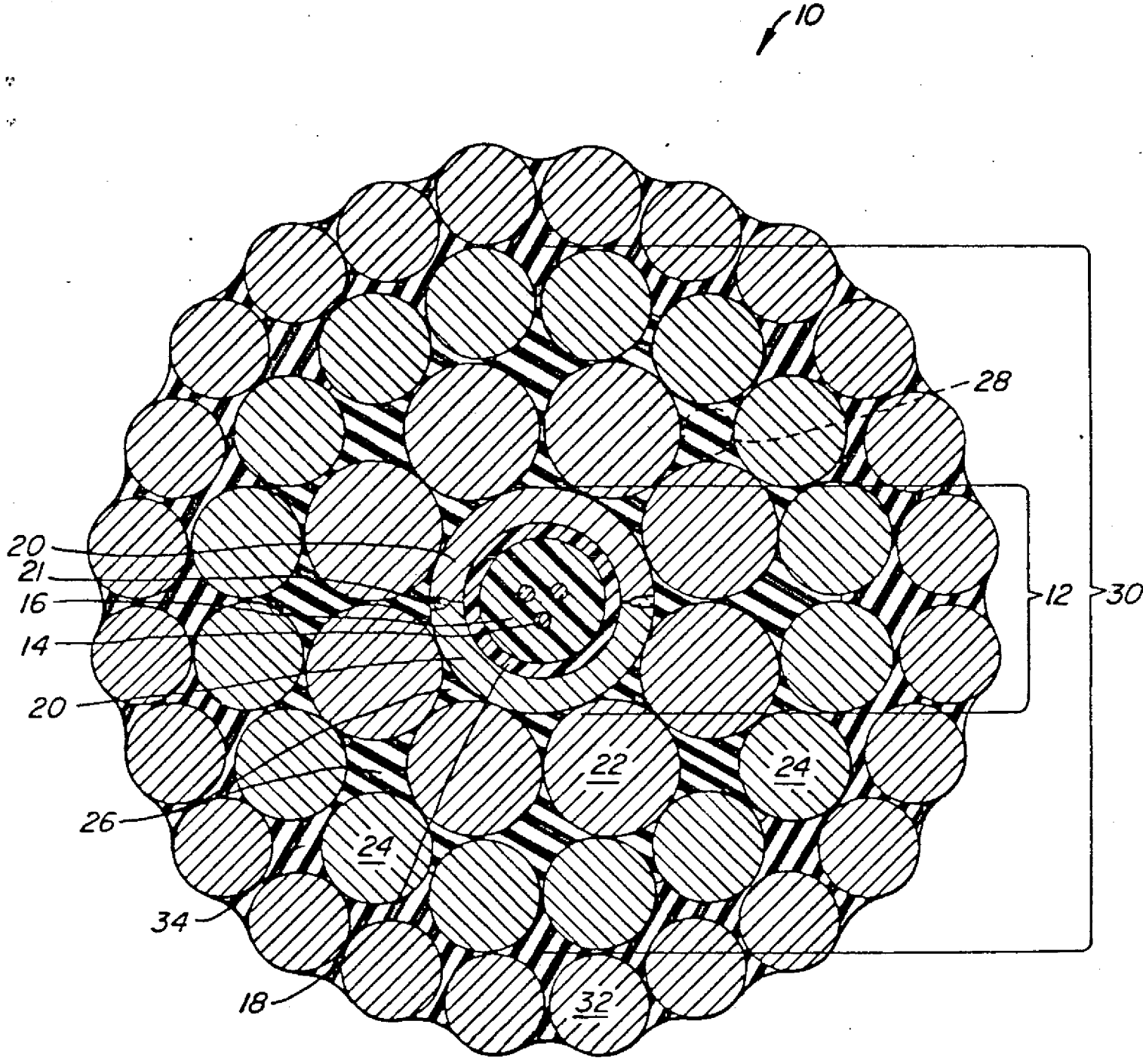
N° 22541 A/83



MINISTERO dell'INDUSTRIA del COMMERCIO dell'ARTIGIANATO
UFF. PROV. IND. COM. E ART. MILANO

PER INCARICO
Dott. Ing. Alfredo Raimondi

22541A/83



MINISTERO dell'INDUSTRIA del COMMERCIO e dell'ARTIGIANATO
UFF. PROV. IND. COMM. E ART. MILANO

PER INCARICO
Dott. Ing. Alfredo Raimondi