الفصل السادس

الكابلات البصرية

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل السادس
الكابلات البصرية
Optical Cables

تتصف الألياف البصرية بأنها صغيرة الحجم قليلة الوزن هشة وقابلة للكسر مما يجعلها عرضة للعوامل المختلفة كما يصعب التعامل معها مما يتطلب وضعها داخل كابلات تسمح بتركيبها وتحميها من العوامل التي تؤثر عليها ، وقد تم تركيب ألياف داخل كابلات بحرية وضعت في قاع المحيط تتحمل الضغط الواقع عليها ودرجات الحرارة المنخفضة التي تتراوح بين درجتين وأربع درجات مئوية ويمكن للكابلات البصرية أيضاً أن تتعرض لتغير شديد في درجة الحرارة تتراوح بين $-55\ ^{\circ}C$ و $+155\ ^{\circ}C$ كما هو الحال في الكابلات المستخدمة في الطائرات . وقد تتعرض لضغط يصل $70\ MN/m^2$ وإلى سوائل وغازات تسبب تآكل الكابلات وتعرضها للتلف . وقد يحتوي الكابل على ليف بصري واحد أومئات الألياف البصرية وذلك محكوم بنوعية الاستخدام ، وقد يضم الكابل بداخله أجزاء معدنية كطبقات حماية أو عنصر للشد وقد يكون خالٍ من أي جزء معدني. مما سبق يتضح أن تصنيع أو اختيار كابل بصري أمر تحكمه نوعية الاستخدام. غير أن هناك نقطتين أساسيتين يجب أن يحققهما أي كابل بصري مهما كان تصميمه. (١) يجب أن لايؤثر الكابل على خصائص الليف البصري في نقل المعلومات (٢) أن يحافظ على تماسك ووحدة الليف البصري خلال التصنيع والتركيب والخدمة .

للحصول على الشرطين السابقين يجب أن نحيط الألياف البصرية بمواد لاتسمح بثنى الليف البصري بأكثر من نصف قطر محدد حتى لايخرج الضوء من الليف البصري، ولاتؤدي إلى تعرض الليف البصري لضغوط موضعية تسبب تشتيت الضوء كما يحاط

الليف بعناصر حماية وتقوية تسمح بشده وتعرضه للضغط، كما تعزل عنه العوامل البيئية المختلفة وسنقوم بشرح للطبقات التي تحقق ماسبق في البنود التالية :

٦ - ١ الطبقه الواقية لليف البصري Fiber Buffer

لتوفير حماية كافية وتقوية الليف البصري اتجه معظم المصنعون لتغطية الليف البصري أثناء تصنيعه بطبقة واقية في جو نظيف جداً كي لا يتعرض الليف للخدش أو الشوائب وتوضع هذه الطبقة قبل أن يلمس الليف أي سطح آخر ، وتشكل هذه المادة طبقة الحماية الأولى حيث يخرج الليف بطبقات ثلاث وهي اللب والكساء وطبقة الحماية .

ويجب أن تتوفر شروط عديدة في المواد المستخدمة لوقاية الليف ،سنذكر منها مايلي :-

١ - سهولة الاستخدام وسرعة الجفاف .

٢ - أن تعطي طبقة متساوية ومتماثلة.

٣ - أن تقوم بحماية الليف من الضغط والثني الموضعي.

٤ - أن تحافظ على متانة الليف .

٥ - أن تتحمل الظروف المختلفة ولاتتحلل أو تضعف مع مرور الزمن .

لو استعرضنا العناصر السابقة لوجدنا أن الشرط الأول يُسهل عملية التصنيع ويؤثر على اقتصادية الانتاج ، أما الشرط الثاني فيعطي الليف قوة متساوية وحماية من كافة الجوانب ، أما الشرط الثالث فيحد من عدم توازن قوى الضغط على الليف أثناء الشد أو تغير درجة الحرارة ، وقد وجد أن بعض مواد الوقاية تصبح هشة تحت عشرين درجة مئوية وهذا بالطبع يؤثر على كونها طبقة حماية أما الشرط الرابع فهو المحافظة على قوة الليف والذي يعتمد على الشد الطولي وكمية جزيئات OH الموجودة على سطح الليف أما الشرط الخامس فيضمن استخداماً واسعاً للمادة وتحتوي البنود التالية على شرحاً موجزاً لبعض المواد المستخدمة كطبقة وقاية.

أ - بولي ديمثيل سيلوكسين Polydimethyl Siloxane

تعتبر المواد السليكونية المعالجة حرارياً من أفضل المواد المستخدمة في الطبقات الواقية. وهناك العديد منها مثل سلجارد Sylgard والتي أعطت وقاية كافية تمثلت بزيادة قوة الليف وعدم تأثرها بتغير درجة الحرارة، إذ أن معامل التمدد لم يتغير بين 60 - $\overset{\circ}{C}$ و 85+ $\overset{\circ}{C}$ وثبتت صلاحيتها للاستعمال في درجات الحرارة المرتفعة، كما تميزت بالمتانة. غير أن عيوبها تتمثل في بطء سرعة استخدام المادة على الليف وطول زمن جفافها. وقد عولجت هذه المادة بالأشعة فوق البنفسجية فحسنت من خواصها ولاتزال شائعة الاستخدام.

ب - الزيوت السليكونية Silicone Oils

توضع هذه الزيوت على الليف البصري بطبقات سمكها 5 µm تقلل من احتكاك الليف أثناء التصنيع غير أنها تتلاشى ولا تساهم في حماية الليف من الثني الموضعي أو تقوية الليف ، وهناك زيوت عديدة من هذا النوع.

جـ - المبثوقات Extrudates

استخدمت مواد كثيرة مشتقة من البوليمرات والبوليستر كطبقات حماية ووجد أن استخدامها صعب أثناء التصنيع كطبقة وقاية أولى ولكنها استخدمت كطبقة وقاية ثانية.

د - لدائن الاكريليت Acrylates

أول من استخدم هذه اللدائن هم العاملون في مختبرات" بل" في الولايات المتحدة الأمريكية .وقد لاقت استحساناً من قبل كثير من المصنعين للفوائد العديدة التي تتميز بها أثناء التصنيع، تمثلت في سرعة المعالجة أثناء التصنيع،إذ تستخدم خليط من اللدائن الأحادية والمتعددة Acrylate monomers and higher molecular weight oligomers التي تعطي عوامل تمدد مختلفة وتعالج بالأشعة فوق البنفسجية.

openkandil.com

ومن الطرق المفضلة لطبقات الرقاية هي استخدام طبقتين الأولى ذات معامل تمدد منخفض والثانية ذات معامل تمدد مرتفع فيتم الحصول على طبقة متينة ناعمة الملمس وتتحمل التعامل الخشن وتوفر حماية ضد الثني الموضعي ويستخدم بعض المصنعين طبقة واحدة فقط كطبقة أولى أما الطبقة التي توفر حماية ضد الثني الموضعي فتوضع في مكان آخر في الكابل .

ومن المزايا الأخرى لهذه المواد إمكان إزالتها بمحاليل كيميائية أو أدوات ميكانيكية عند الحاجة كما أن معامل احتكاكها قليل والتصاقها جيد عند استخدامها مع بعض طبقات الحماية الأخرى كالنايلون والبوليستر والبوليمرات.

٦-٢ التغليف Encapsulation

نلجأ في كثير من الأحيان إلى تغليف الليف البصري المغطى بطبقة واقية حتى يصبح جاهزاً للاستخدام ضمن الكابل البصري . ويستثنى من ذلك الليف المغطى بطبقتين من اللدائن التي سبق شرحها في البند ٦-١-د ، والذي يمكن استخدامه بعد وضع عنصر تقوية وغطاء خارجي . عند تصميم الغلاف الواقي يجب الأخذ بعين الاعتبار العنصرين التاليين :

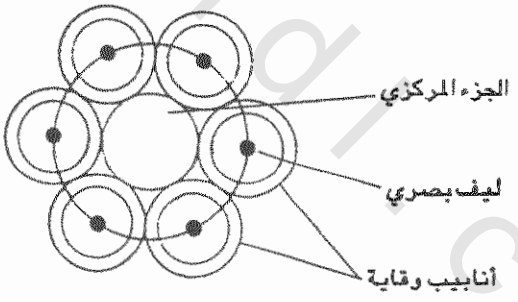
١ - حماية الليف من الثني الموضعي أثناء التركيب .
٢ - توفير صمام أمان عند الشد أو الضغط .

وقد استخدمت تصاميم مختلفة للأغلفة الواقية تقلل من التأثيرات الميكانيكية المختلفة كالشد والثني والضغط الموضعي نشرحها في البنود التالية :

٦-٢-١ الغلاف الواقي لليفة بصرية واحدة Loose Tube for Single Fiber

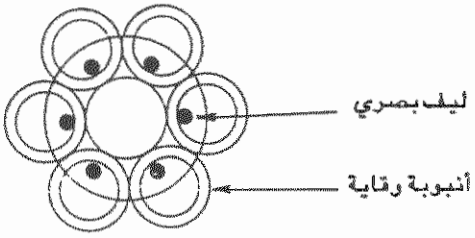
يستخدم هذا النوع من الأغلفة أنبوب بلاستيكي يُوضع بداخله الليف البصري ، يوفر الأنبوب حماية من التأثيرات الخارجية كما يمنع احتكاك الليف مع مايحيط به وتمنع

تشوه الليف. ولكي نحصل على نتائج مرضية يجب أن يحتفظ الغلاف بشكله وأن يكون مرناً ولايتأثر بالعوامل الخارجية أو التقادم حتى يسهل التعامل معه ويبقى فترة زمنية طويلة. يتكون هذا النوع من الأغلفة من أنبوب يحتوي على طبقة داخلية تحمي الليف البصري ، كما أن معامل احتكاكها قليل جداً أما الطبقة الخارجية فيجب أن تكون قوية تستطيع أن تحمي الليف البصري من التأثيرات الخارجية كالشني والشد والخدش ، وللحصول على ماذكر سابقاً فقد استخدمت مجموعة من المواد مثل البوليستر والبوليمايد. عند وضع الليف داخل الأنبوب تترك مسافة تقدر بأعشار المليمتر تسمح لليف بحرية الحركة وعدم تعرضه للضغط كما أن نعومة الأنبوب من الداخل تسهل من حركة الليف داخله . يتميز هذا الغلاف بسهولة إيصال الضوء إليه، وكذلك سهولة عمل الموصلات أو المقارن أو ربطه إلى الكاشف الضوئي عند جهاز الاستقبال .

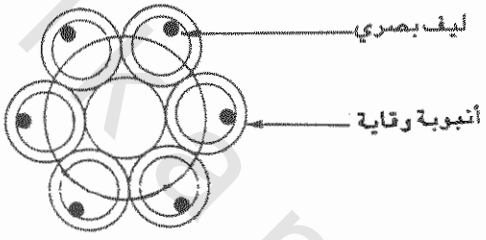


الشكل (٦-١) مواقع الألياف البصرية داخل أنابيب ضمن الكابل البصري

obeikandl.com



الشكل (٦-٢) مواقع الألياف عند تعرض الكابل البصري للشد

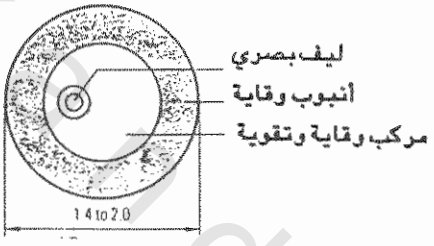


الشكل (٦-٣) مواقع الألياف عند تقلص الكابل البصري

نرى في الأشكال (٦-١) إلى (٦-٣) فوائد هذا النوع من الأغلفة تحت تأثيرات مختلفة. حيث نرى في الشكل (٦-١) موقع الألياف البصرية داخل الأنابيب عند عدم تعرضها للشد. وفي هذه الحالة فإن طول الليف وطول الأنبوب متساوى. وعند تعرض الليف للشد فإنه سيتحرك نحو الجدار الداخلي للأنبوب الواقي دون أن يتعرض للضغط أو التشويه وهما عاملان قد يؤديان إلى توهين الاشارات المارة بالليف البصري ولابد من الإشارة هنا إلى أن هناك حد للشد الذي يتعرض له الكابل البصري وعادة مايصل إلى 1% بعد ذلك يبدأ التوهين بالازدياد. أما في حالة تعرض الكابل للتقلص contraction فإن الليف البصري يتحرك نحو الجدار الخارجي للغلاف الواقي كما يحصل عند وضع الكابل في أماكن باردة.

نظراً لوجود فراغ بين الليف البصري والغلاف الواقي فإن احتمال دخول المياه أو أي سائل آخر قد يؤثر على إنجاز الليف البصري كتجمد الماء أو السائل داخل الأنبوب والذي

يحدث ضغوطاً موضعية وزيادة في التوهين ، لذا نجد أن هذا الفراغ يملأ بمادة جلاتينية تمنع تسرب المياه والسوائل داخل الأنبوب ، الشكل (٦-٤) ، وتتصف هذه المادة بأنها صلبة في حالة السكون وتسيل عند تحريكها كما أنها غير فعالة كيميائياً ولاتتجمد أو تتسرب إلى الخارج بين درجة $30\ ^{\circ}C$ تحت الصفر وحتى $70\ ^{\circ}C$، وليس لها أي تأثير على الليف البصري ، كما أنها سهلة التنظيف ويمكن إزالتها بسهولة خاصة عندما نشرع في ربط الألياف مع بعضها وهي غير قابلة للاشتعال .

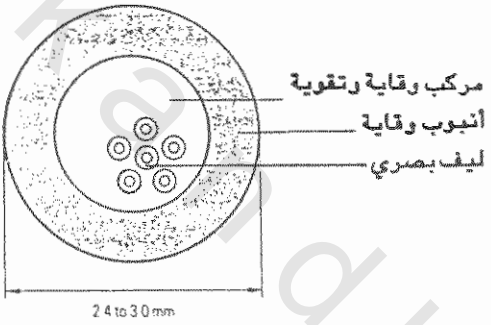


الشكل (٦- ٤) أنبوب مفرد مع مركب وقاية وتقوية

٦ -٢-٢ الغلاف الواقي لعدة الياف Loose Tube for Multifibers

يتراوح قطر الأنابيب المستخدمة لليف بصري واحد بين 1.4mm و 2mm ويستخدم في تصنيع كابلات تحمل ١٤ ليف بصري وعند الرغبة في زيادة عدد الألياف البصرية في الكابل الواحد، فإن حجم الكابل سيصبح كبيراً ويزداد وزن الكابل مما يسبب صعوبة في استخدامه ، وللحد من هذه العيوب فقد صنعت كابلات تحتوي الأنابيب الواقية فيها على عدة ألياف، تتراوح بين ليفين بصريين واثنى عشر ليفاً بصرياً أحادي النمط أو متعدد النمط ، وفي هذه الحالة يستخدم أنبوب واقي بقطر يتراوح بين 2.4mm و 3mm ، الشكل(٦-٥) ، ويسمى هذا الأنبوب الواقي لعدة ألياف بصرية ويملأ الفراغ بين الليف

البصري وجدار الأنبوب بالمادة الجلاتينية التي سبق ذكرها في البند السابق. وقد يتم تضفير الألياف البصرية داخل الأنبوب للحصول على زيادة في الطول تصل إلى 8% وقد استخدمت أنابيب يصل قطرها إلى 6mm تستخدم في الكابلات البصرية المعلقة. استخدمت هذه الكابلات لنقل معلومات عالية الجودة رغم تعرضها لتأثيرات بيئية مختلفة كتغير درجة الحرارة وتعرضها للحمولات المختلفة كمرور السيارات والشاحنات وتستخدم إما ككابلات معلقة أو على سطح الأرض أو تحت سطح الأرض أو تحت سطح الماء، وقد استخدمت في عدد من الأقطار ضمن شبكات الاتصالات البعيدة.



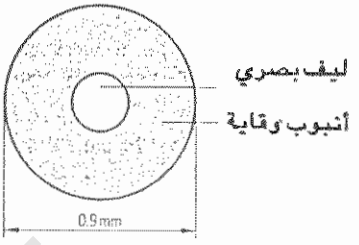
الشكل (٦-٥) كابل بعدة أنابيب وقاية

٦-٢-٣ الغلاف الواقي الضيق Tight Buffer

يوضع الغلاف الواقي في هذا النوع من الكابلات فوق الليف البصري مباشرة لحمايته من التأثيرات الخارجية وتستخدم لهذا الغرض مواد بلاستيكية مناسبة، وهذا النوع من الأغلفة يقلل من قطر الغلاف ليصل إلى 0.9mm ، الشكل (٦-٦) مقارنة بقطر الغلاف الواقي لليف بصري والذي يصل إلى 2mm.

obeikandl.com

ولابد من الإشارة هنا إلى مطاطية الغلاف الواقي نتيجة الشد قد تؤثر على أداء الليف البصري. نظراً لاختلاف مادة الليف عن مادة الغلاف الواقي لذا فإن صغر الحجم افقد مزية مهمة وهي مرونة الليف البصري ومحملة للظروف البيئية المختلفة . يستخدم هذا النوع لربط المسافات القصيرة والوصلات داخل لوحات الاتصالات وداخل المباني .

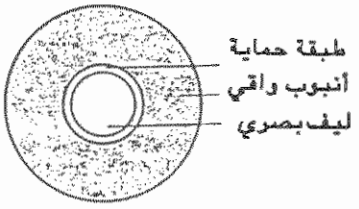


الشكل (٦-٦) ليف بصري داخل غلاف واقي ضيق

٦-٢-٤ الغلاف الواقي المركب Composite Buffer

يمثل هذا النوع تركيبة مزدوجة من الغلاف الواقي المفرد المليء بمادة الجلي والغلاف الضيق ، الشكل (٦-٧) وقد تم اقلال المسافة بين الغلاف الواقي والليف البصري - مقارنة بالمسافة المستخدمة في الأغلفة الواقية لليف بصري واحد إذ يتحرك الليف ضمن طبقة تحيط به تتراوح بين 50μm و100μm . يصل القطر الخارجي لهذا الغلاف حوالي 0.9mm مما يقلل من حجم الكابل المستخدم مقارنة بالغلاف المستخدم لعدة ألياف والذي يصل قطره إلى 3mm . يستخدم هذا النوع من الكابلات داخل المباني وللمسافات القصيرة وداخل لوحات التوزيع .

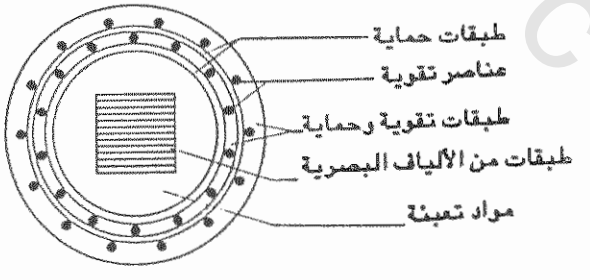
obeikandl.com



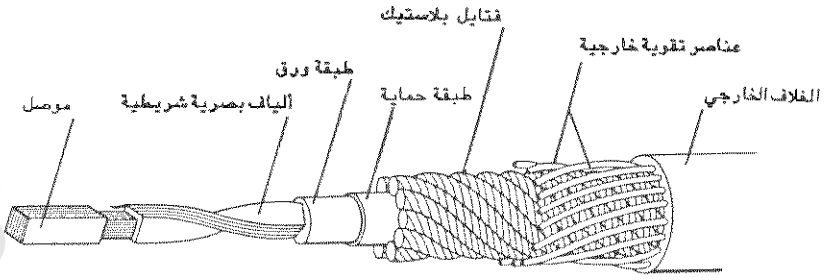
الشكل (٦-٧) غلاف واقي مركب

٦-٢-٥ تركيبة الألياف الشريطية Construction of Ribbon Fibers

رأينا في النماذج السابقة أن الألياف البصرية توضع بشكل متماثل حول الكابل، إذ يوضع الليف في وسط الأنبوب ومحاطاً بأنابيب أخرى تحتوي على الألياف البصرية، غير أن التركيب الشريطي يختلف عن ذلك، كما في الشكل (٦-٨)، حيث يحتوي الشريط على ١٢ ليفاً بصرياً ملتصقة ببعضها بشكل متوازٍ ومستوٍ، وقد يوضع ١٢ شريطاً منها فوق بعض مكونة بذلك شبكة من الألياف البصرية على شكل مربع أو متوازي مستطيلات، ويمكن ثني أو لف twist هذا الشريط ويحاط هذا الشريط عادة بمادة جيلي وطبقات تقوية كالأسلاك الفولاذية كما في الشكل(٦-٩) . وعادة مايوضع أكثر من



الشكل (٦- ٨) كابل شريطي



الشكل (٦-٩) بنية كابل بصري شريطي

٥٠ ليف داخل الكابل ويمتاز بسهولة الربط نظراً لرتابة وضع الألياف داخل الكابل ولابد من أن نشير إلى احتمال تعرض الليف البصري للشد أو الضغط مما يزيد في التوهين.

٦-٣ عناصر التقوية Strength Members

تتميز مادة السليكا بمعامل تمدد مرتفع ودرجة عالية من المرونة غير أنها هشة مما يتطلب إضافة عناصر تقوية تساعد على شد الكابلات وسحبها وتحملها للضغط عند تعرضها له ، لذا لابد من تحقق الآتي :-

١ - معامل تمدد يونج مرتفع High Young's Modulus

٢ - جهد يفوق الجهد الأقصى للكابل.

٣ - خفة الوزن.

٤ - المرونة .

إضافة إلى ماسبق هناك عوامل أخرى يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار والتي تشمل عدم تأثر المادة بتغير درجة الحرارة وتحملها للضغط وقلة توصيلها.

obeikandl.com

وقد وجد أن هناك خمس مواد مناسبة كعناصر تقوية تتصف بأن لها مطاطية عالية high elastic modulus وهي :

١ - أسلاك فولاذية.

٢ - فتايل بلاستيكية أحادية plastic monofilaments

٣ - ألياف قماشية textile fibers.

٤ - ألياف زجاجية .

٥ - ألياف كاربونية.

وقد وجد أن سعر الألياف الكاربونية مرتفع والفتايل البلاستيكية تتأثر بتغير درجات الحرارة مما حد من استخدامها ،لذا ستتم مناقشة ثلاث من العناصرالخمس السابقة.

٦-٣-١ الأسلاك الفولاذية Steel Wires

استخدمت الأسلاك الفولاذية على نطاق واسع لسنوات عديدة ، وقد وجد أنها البديل الجاهز نظراً لقوة تحملها ورخص ثمنها. وتوجد بدرجات متفاوتة في قوة شدها tensile strength مما يجعلها مناسبة لمجابهة الاستخدامات المختلفة ، ونظراً لأن معاملا الشد والضغط tensile compressive moduli عاليين فإن سلك فولاذي مفرد سيكون غير مرن stiff ، لذا عند استخدام الأسلاك الفولاذيةكعنصر تقوية في الوسط فإننا نلجأ لاستخدام خصل strands من الأسلاك الرقيقة حتى تتميز بالقوة والمرونة ،ماعدا الكابلات الصغيرة حيث يمكن استخدام سلك فولاذي مفرد. قد تستخدم الأسلاك الفولاذية كطبقة خارجية كما هو الحال في الكابلات الكهربائية المسلحة، إذ تعمل الأسلاك كعنصر تقوية ودرع وقاية من المؤثرات الخارجية . وللأسلاك الفولاذية مساوئ لبعض الاستخدامات منها :

١ - عدم صلاحيتها في الكابلات التي تتطلب أن تكون كافة عناصر الكابل مصنوعة من مواد عازلة .

٢ - الجاذبية النوعية العالية للفولاذ تتسبب في رفع وزن الكابل .

٦-٣-٢ الياف القماش Textile Fibers

استخدمت خيوط ومنسوجات لعدة مواد وعادة مايكون سمك الفتايل في حدود 10 µm توضع بشكل متواز أو على شكل ضفائر وبالإمكان توجيه جزيئات هذه الفتايل خلال تصنيعها للحصول على قوة طولية عالية ومعامل تمدد عالي وقد وجدت عناصر عديدة تملك هذه الصفات مثل النايلون والداكرون. ونظراً لأنها فتايل فقد استخدمت للتقوية ولملء الفجوات وتعمل كمساند داخل الكابل غير أن استخدامها فقط كعنصر تقوية لم يلق القبول لأنها تنبعج عند تحميلها. ويستثنى من ذلك "الكفلار" kevlar، وهو مادة مصنوعة من البوليستر طورتها شركة دوبونت . ويوجد منها نوعان ، الأول وهو الشائع الاستخدام في الكابلات البصرية ويدعى kevlar 49 وله معامل مطاطية عالي ويصنع على شكل فتايل قطر الواحدة 12 µm ،وجاذبيتها النوعية 1.45 وقوة شدها أكبر من $2.7GN/m^2$ ،ومعامل شدها Tensile Modulus أكثر من 120GN/m2 غير أن انبعاجها تحت الحمولة أكثر من الفولاذ ويوجد الكفلار على شكل فتايل أو اسلاك مكونة من مجموعة من الفتايل ومغمورة داخل غراء epoxy.

ويشكل الكفلار بديلاً ممتازاً للفولاذ إذ أن قوته تعادل قوة الفولاذ ووزنه خمس وزن الفولاذ ولايتأثر كثيراً بتغير درجة الحرارة وتمدده قليل كما يتميز بالمرونة. ولكن ذلك على حساب حماية الكابل من الانبعاج الذي يحصل عند درجات الحرارة المنخفضة.

٦-٣-٣ البلاستيك المقوى بالزجاج Glass - Reinfored Plastics

استخدم الزجاج في أنواع كثيرة من عناصر التقوية، وتتراوح نسب الزجاج المستخدم في بناء هذه العناصر. وعنصر الربط هنا هو البوليستر أو الراتنج وهوغروي. يحدد نوعه حسب درجة الحرارة ومعامل مطاطية البلاستيك المقوى بالزجاج، وقوته تحدد بنوع الزجاج المستخدم ومعامل التعبئة Glass fill factor . تتصف هذه العناصر بقلة معامل الانبعاج creep . كما أنها لاتلتوي أو تنثني عند درجات الحرارة المنخفضة . ونظراً لاستخدام مجموعة من الألياف فإن مدى المطاطية يقع بين 2% و 3% ويجب أخذ

الحيطة عند استخدام عناصر التقوية هذه بعدم ثني الكابل لدرجة قد ينكسر معها عنصر التقوية وغالباً ماتؤخذ هذه النقطة في الاعتبار عند تصميم الكابل . في الجدول (٦-١) نرى خلاصة عناصر التقوية المستخدمة .

الجدول (٦-١) عناصر التقوية المستخدمة وخواصها

عنصر التقوية	معامل يونج Young's Modulus GN/m2	مدى المطاطية Elashc range	الجاذبية النوعية	معامل التمدد Coeffo of thermal Expansion	درجات الحرارة Temp. °C
فولاذ	210	2.0 - 2.5	7.8	1×10^{-5}	< 600
كفلار 49 خيط	120	2.2 -2.8	1.45	-2×10^{-6}	< 250
كفلار 49 سلك	60	2.3 - 2.5	1.1	-1×10^{-6}	< 180
لاستيك مقوى بالزجاج	45 - 60	3.	2.	↓ 1×10^{7}	< 100

٦ -٤ خواص المواد الأخرى المستخدمة في الكابل البصري

بالإضافة لما سبق شرحه هناك مواد أخرى تستخدم لطبقات التغليف والتبطين والتعبئة واللف ... إلخ.. Sheathing , cushinoning , fillers , wraps etc

وتعتمد هذه المواد على نوعية الاستخدام للكابل البصري. وعلى المستخدم أن يحدد نوعية الاستخدام وإن أمكن نوعية المواد المستخدمة وطرق التصنيع والتي يمكن تلخيصها في النقاط الثلاث :

١ - شروط التصنيع مثل البثق والتبريد واللف Extrusion, cooling and winding.

٢ - شروط التخزين : تغيير درجة الحرارة ، التعرض للأشعة فوق البنفسجية والمواد الكيميائية .

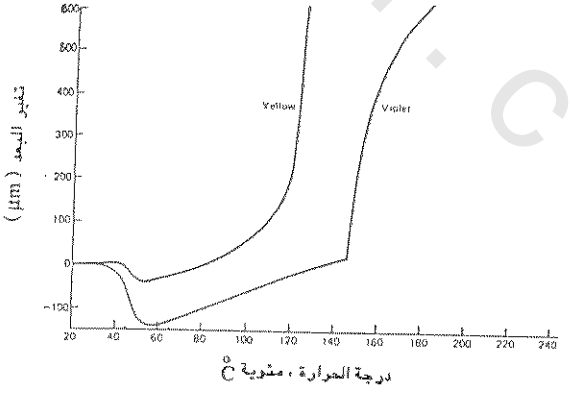
٣ - شروط التركيب : تلوث في الأرض ، مواد تشحيم إلى آخره .

obeikandl.com

مما سبق يتضح أن هناك مواد كثيرة تستخدم ويجب أن تكون اقتصادية سهلة التصنيع يمكن تشكيلها وتلوينها وأن تكون غير سامة وغير قابلة للاشتعال. وقد جرت دراسات كثيرة على مواد مختلفة، وبالذات لمواد الغلاف الخارجي للكابل حيث أنه يتعرض، أكثر من المكونات الأخرى، للظروف البيئية المتعددة ، ووجد أن مركبات كيميائية عديدة صالحة للاستخدام في تصنيع الغلاف الخارجي sheath نذكر منها بولي ايثيلين Polyethylene وبولي فينيل كلورايد polyvinyl chloride (PVC) وبوليستر الاستوميتر Polyester Elastometer ، نايلون Nylon ، نيوبرين neoprene وبوليمرات الفلور fluorinated Polymers وهايترل Hytrel.

٦-٤-١ تأثير المواد المضافة: Influence of Additives

قد تدعو الحاجة أحياناً إلى النظر إلى أبعد من كون المادة صالحة للتصنيع واقتصادية بأن نضيف مواد للحصول على متطلبات أخرى كالتلوين والحماية من الحريق وعدم تغير خواصها عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية وما إلى ذلك ، وقد تؤثر المواد المضافة على الخواص الميكانيكية لهذه المواد، ونرى في الشكل(٦-١٠) تغير الخواص الميكانيكية لمادة تفزل Tefzel عند استخدام مادة مضافة للحصول على لونين مختلفين.



الشكل (٦-١٠) تغير أبعاد مادة تفزل Tefzel مع درجة الحرارة
نتيجة إضافة لونين من المواد المضافة

٦-٤-٢ الاشتعال Flammability

يجب أن تكون الكابلات البصرية ، كما هو الحال في الكابلات المستخدمة في الكابلات الكهربائية الأخرى ، غير قابلة للاشتعال وتستطيع أن تقاوم لفترة طويلة عند حصول حريق وللحصول على هذه الخاصية فقد استخدمت مواد تستخدم بوليمرات مهلجنة ومواد مضافة halogenated polymers and additives ، وفي الفترة الأخيره اتجه المصنعون لاختبار مواد غير مهلجنة nonhalogenated للاستخدامات داخل المباني والاستخدامات الصناعية وبعض الاستخدامات الحربية . وفي بداية الحريق يسخن الكابل ، وخلال هذه المرحلة يمكن التحكم به باستخدام حرارة نوعية محددة لمادة الغلاف لهذا الغرض ثم استخدام هايدرات غير عضوية nonorganic hydrates كمواد تعبئة fillers وذلك لرفع الحرارة النوعية وزيادة مقاومة الاشتعال ومن هذه المواد Alumina Trihydrates

٦-٤-٣ السُميّة والعدوانية Toxicity and Aggressivity

أثبتت البوليمرات المهلجنة halogenated polymers والمواد المضافة لها فعالية جيدة في مقاومة الاشتعال غير أن سُميّة وعدوانية هذه المواد قد تؤدي إلى خسائر فادحة واتجهت المواصفات الآن بالإضافة إلى مقدرتها على مقاومة الاشتعال واللهب بأن تكون قليلة الدخان ولاتصدر غازات سامة أو غازات قابلة للاحتراق ، وبالفعل تم التمكن من الإقلال من الغازات الناتجة عند تعرض الكابل الحاوي على بوليمرات مهلجنة،وبدأ الاتجاه للبحث عن مواد لاتحتوي على الهالوجين ومقاومة للاشتعال ، وقد تم الحصول على بعض المركبات التي يمكن استخدامها في الكابلات البصرية الصغيرة نذكر منها مايلي :-

نوريل Noryl : مركبات أوكسيد البولي فينيلين المعدل

Modified polyphenylene oxides compounds

بيك Peek : بوليثرايثر كيتون polyether -ether ketone

وهو بوليمر بلاستيكي حراري thermoplastic polymer ويحتاج إلى

حرارة معالجة تتراوح بين 270 °C و400 °C والتي تحد من تصنيعه،ويتميز بالمتانة ومقاومة المواد الكيميائية كما أن الدخان والحوامض التي تصدر منه قليلة ويصنع من قبل شركة ICI .

التيم Amorphous Polyethemide Ultem

ودرجة حرارة بثقه extrusion أقل من PEEK وله نفس خواص PEEK غير أن مقاومته للمحاليل أقل .

ولابد من الإشارة هنا إلى أن في اختيار المادة قد تكون التكلفة هي العنصر الأساسي في الاختيار دون التضحية بعنصر السلامة والأمان وهناك مواد كثيرة قد لاترتقي إلى مواصفات المواد الثلاث الآنف ذكرها لكنها تفي بالغرض ، نذكر منها ethylene copolymer وهايدرات غير عضوية inorgamic hydrates التي تستخدم كمواد تعبئة fillers وتحسن من أداء مادة PVC في مقاومة الحريق .

٦ - ٥ وسائل حماية معينة Specific Protection Techniques

٦-٥-١ منع تسرب المياه Water Blocking

استخدم جيلي البترول petroleum jelly لفترة طويلة كمادة مانعة لتسرب المياه داخل الكابلات نظراً لرخص ثمنه وللخبرة الطويلة في التعامل معه. غير أن المشكلة الأساسية في هذه المادة هي تغير لزوجتها في درجات الحرارة المستخدمة (- 10 °C to 80 °C) و التي أدت إلى صعوبة استخدام الكابل وفي تغطية الكابل أثناء التصنيع .

استبدلت مادة جيلي البترول بشحوم السليكون silicone greases لأن لزوجتها لاتتغير بين درجة حرارة 50 °C و 200 °C وهي نفس المادة المستخدمة داخل الأغلفة الواقية loose tube buffers .ولابد من الأخذ بعين الاعتبار ضغط الماء الواقع على الكابلات ، فلو استخدمت هذه المادة في الكابلات البحرية فإن هذه الشحوم ستكون أكثر سيولة مما يضطرنا للبحث عن شحوم أو مواد تعبئة ذات لزوجة عالية مثل

Hyvis 2000 بالإضافة إلى استخدام مواد تغليف أخرى لمنع تسرب المياه إلى الألياف البصرية .

٦-٥-٢ الحماية من القوارض Rodent Protection

تتعرض الكابلات بصفة عامة لأنواع كثيرة من القوارض كالفئران والجرذان وغيرها مما دعى إلى استخدام أشرطة معدنية مغطاه بمواد بلاستيكية وأكثر الكابلات تعرضاً للقوارض تلك التي يبلغ قطرها 15mm فأقل، وهو حجم معظم الكابلات البصرية المستخدمة حالياً ، وقد توسعت الأبحاث للحصول على مواد كيميائية لتصنيع أشرطة لاصقة تصلح مع المواد المعدنية المستخدمة لحماية الكابل، ووجد أن أفضل المواد المعدنية هي المواد الفولاذية بنوعيها الكربوني والصامد carbon steel and stainless steel بحيث لايقل سمك طبقة الفولاذ الكربوني عن 150 µm وسمك الفولاذ الصامد عن 75 µm وأشرطة مكونة من خليط من النحاس والفولاذ الصامد.

٦-٥-٣ السيطرة على الهيدروجين Hydrogen Control

تتأثر الألياف المصنوعة من السليكا بالهيدروجين تأثراً كبيراً إما بامتصاص الهيدروجين أو تكون روابط Si - OH في الزجاج. وقد يكون ذلك التأثير وقتياً أو دائماً حيث أن تكوين الروابط يضل دائماً ويمكن الاقلال من تأثيره بالاقلال من شوائب الفوسفات.

وفي بعض الأماكن المعرضة للإشعاع النووي نجد أن تواجد الهيدروجين مع الإشعاع يسبب امتصاص دائم في الليف البصري، مما يزيد في الفقد في الاشارات المارة في الليف البصري - وهناك ثلاثة عناصر يعزى لها توليد الهيدروجين في الليف البصري وهي :

١ - تدهور البوليمر Polymer degradation

٢ - الغازات المعدنية Metallic outgassing

٣ - صدأ الجلفنة Galvanic Corrosion

تُصدر معظم البوليمرات غاز الهيدروجين في كافة درجات الحرارة - أما المواد المعدنية فتعتمد كمية الهيدروجين الناتج على طريقة الانتاج والمعالجة ولايطلق إلا في درجات الحرارة المرتفعة . أما الطريقة الثالثة فتنتج الهيدروجين عند ملامسة الأسطح المعدنية في الكابل للمياه المؤينة .

وفي معظم الاستخدامات فإن نسب الهيدروجين قليلة إلا في بعض الحالات الخاصة كالكابلات المستخدمة في جو ذي درجة حرارة عالية أو تلك المعرضة لإشعاع نووي أو تحت ضغط عال كالكابلات البحرية فهذه تحتاج إلى عناية خاصة للحد من تأثير الهيدروجين.

٦-٦ التأثيرات البيئية Environmental Effects

٦-٦-١ درجة الحرارة

تعرضنا في البنود السابقة لمكونات الكابل البصري ووجدنا أنها تحتوي على مواد تتباين في خواصها. والكابلات البصرية شأنها كشأن الكابلات الأخرى المستخدمة في الاتصالات وإيصال الطاقة الكهربائية لابد وأن تتحمل التغيرات التي تطرأ على محيطها وأول هذه التأثيرات هو تغير درجة الحرارة ، فمعامل تمدد البلاستيك المستخدم يختلف عن الأسلاك الفولاذية المستخدمة للتقوية وكلاهما يختلف عن الألياف البصرية حيث أن اختلاف معاملات التمدد سيؤدي إلى اختلاف في الاستطالة عند تغير درجة الحرارة وهذا بالطبع قد يحدث شداً أو ضغوطاً موضعية على الليف البصري ، فمعامل تمدد البلاستك مثلاً يزيد ١٠٠ مرة عن معامل تمدد السليكا المادة الأساسية لليف البصري بينما يبلغ معامل تمدد أسلاك التقوية الفولاذية أو المقواة عُشُر قيمة معامل تمدد المواد البلاستيكية أو عشرة أضعاف معامل تمدد السليكا.

لهذا السبب يجب النظر بحذر للتغيرات التي تطرأ وبالذات على البلاستيك خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة، حيث أن كل المواد تستخدم حتى 40 $\overset{\circ}{C}$ ومعظمها حتى 70 $\overset{\circ}{C}$ بينما هايترل hytrel ،مع المواد المضافة ،يستخدم لأكثر من 100 $\overset{\circ}{C}$، بينما بوليمرات الفلور fluorinated polymers تستخدم حتى 155 $\overset{\circ}{C}$ ·وإذا أردنا استخدام الكابلات لأعلى من 155 $\overset{\circ}{C}$ لابد من استخدام مادة كبيك PEEK ويجب أخذ الحيطة عند وضعها على الليف البصري وقت تصنيعه · أما عند درجات الحرارة المنخفضة فيجب اختيار بلاستيك لاتتغير خواصه الطبيعية ولاينكمش كثيراً لانخفاض الحرارة كأن تضغط على الليف البصري، وقد تحصل ضغوطاً موضعية والتواء الليف عند انخفاض درجة الحرارة دون مستوى معين مما يزيد من توهين الاشارات المارة في الليف ·

٦-٦-٢ الإجهاد الطولي Longitudinal Stress

يؤدي انخفاض درجة الحرارة إلى انكماش الليف البصري مما يحدث مشاكل يمكن تجنبها باستخدام عنصر تقوية مناسب، واستخدام طبقات تسليح ومواد تعبئة مناسبة كما يمكن أن توضع الألياف في الأنابيب الفارغة بطريقة لولبية helical تسمح للألياف بحرية الحركة دون أن يكون للانفعال strain الواقع على الكابل أي تأثير ونفس التصميم يمكن أن يستخدم مع الأغلفة الواقية الضيقة أو الملوثة بالجلي وتوضع هذه الأنابيب بصورة حلزونية أيضاً حول عنصر التقوية حتى تستطيع أن تتحرك نصف قطرياً radially أو تستقيم إذا تعرض الكابل للإجهاد ·

٦-٦-٣ الضغط Pressure

الأنابيب المفرغة والمملوءة بمادة الجلي تعطي حماية لليف البصري من تأثيرات الضغط المائي المستقر hydrostatic pressure ولكن في حدود معينة لاتتعدى ١٠٠ ضغط جوي بعدها تبدأ بالانهيار وتزداد قيمة التوهين إلى قيم عالية جداً· وكما يحصل لطبقة الحماية الثانية وهي الأنابيب الفارغة قد يحصل للكابل البصري ككل. عند استخدام

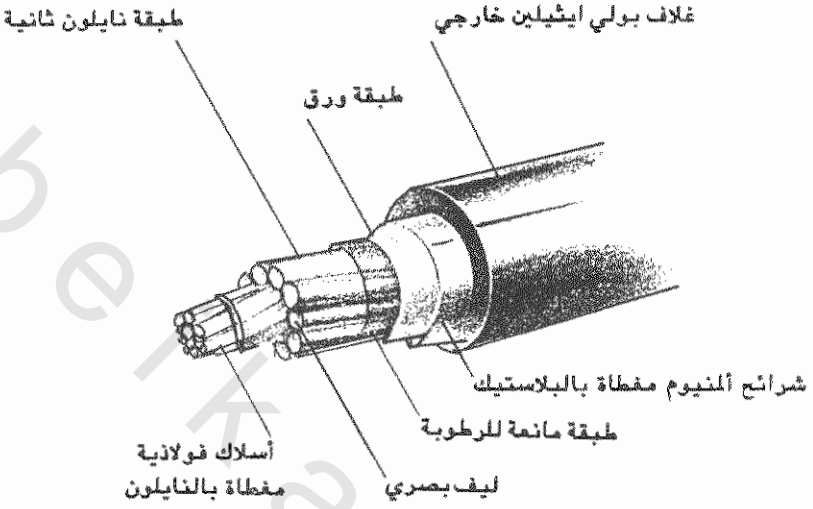
تقنيات مماثلة وباستخدام مواد وسماكات معينة تستطيع أن تصنع أنابيب تتحمل ضغط عال دون المساس بخواص الليف البصري وأياً كانت الأسباب أو الظروف المحيطة بالليف لابد من التأكد من عدم تعرضه للضغط المباشر أو غير المباشر.

٦-٧ أنواع الكابلات البصرية Types of Optical Cables

تعرضنا في البنود السابقة لكثير من النقاط الواجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم الكابل البصري ، وسنوضح فيما يلي نماذج لبعض أنواع الكابلات البصرية .

٦-٧-١ كابلات الاستخدام العام General Purpose Cables

يوضح الشكل (٦-١١) مقطعاً لأول التصاميم التي استخدمت في تصنيع الكابلات البصرية حيث يقع عنصر التقوية المكون من أسلاك فولاذية في وسط الكابل ويغطى بطبقة من النايلون - وضعت الألياف البصرية المحاطة بطبقة واقية وغلاف ضيق بشكل لولبي حول عنصر التقوية . يلي ذلك طبقة من الأشرطة البلاستيكية المانعة للرطوبة ثم طبقة من الورق، تحاط جميعاً بعد ذلك بطبقة من شرائح الألمنيوم المغطاة بمادة بلاستيكية ويغلف الكابل بغلاف من البولي ايثيلين وعند وضع الغلاف الخارجي تضغط مادة البولي ايثيلين، لتحيط بكل الكابل مما يعطي انطباعاً بأن كافة عناصر الكابل ستكون تحت ضغط شديد نتيجة هذه العملية، بينما الواقع العملي يشير إلى أن الجزء الخارجي من الغلاف يتصلب أولاً عندما تبدأ الأجزاء الداخلية من الغلاف بالتصلب تنكمش وتقلل من الضغط الواقع على أجزاء الكابل الداخلية ، لذا فإن الضغط يكون وقتياً أثناء التصنيع ويتلاشى عند الأطوال الموجية الشائعة الاستخدام وهي 1300nm و 1550nm ولابد من الإشارة هنا إلى إمكانية استخدام ألياف محاطة بأنابيب بلاستيكية فارغة أو مملوءة بالجلي بدلاً من المغلفة بغلاف ضيق .

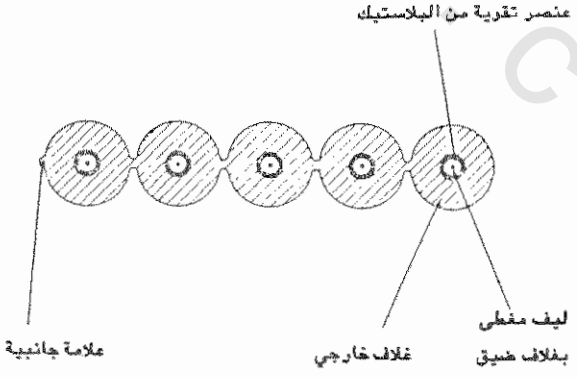


الشكل (٦-١١) كابل بصري للاستخدام العام

٦-٧-٢ الكابلات المغمورة Submarine Cables

يستخدم هذا النوع من الكابلات في المياه العميقة كالمحيطات حيث تتعرض لضغط شديد وقوى سحب عالية قد تصل إلى 100kN، لذا لابد من أخذ الاحتياطات اللازمة واختيار أفضل المواد لمجابهة هذه المتطلبات. ونرى في الشكل (٦-١٢) مقطعاً لكابل مغمور استخدم في المياه العميقة لشبكة اتصالات عبر المحيط. نرى في هذا التصميم استخدام أنبوبة مكونة من مركب من النحاس بدلاً من الألمنيوم للإقلال من توليد الهيدروجين وطبقتين من الأسلاك الفولاذية لموازنة العزم torque وتحمل الوزن كما استخدمت طبقة عازلة من البولي ايثلين لفصل الأسلاك الكهربائية المغذية للمكررات عن مياه البحر، ثم تحاط بطبقة من الأسلاك الفولاذية وتغلف جميعاً بمادة البولي بروبلين .

الشكل(٦-١٢) كابل بصري يستخدم في المياه العميقة



الشكل (٦-١٣) كابل بصري يستخدم للأغراض الصناعية

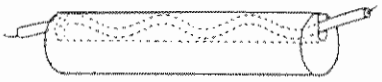
obeikandl.com

٦-٧-٣ الكابلات الصناعية Industrial Cables

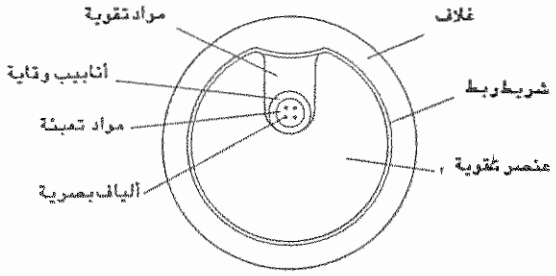
يمكن استعمال كابلات الاستخدام العام في الاستخدامات الصناعية وبصفة خاصة المغطاة بطبقة واقية ضيقة ،إذ تعطى هذه حماية من الضغوط المحورية الأحادية والآثار العديدة التي تتعرض لها الكابلات في الصناعة ، وتستخدم مواد عازلة بما فيها عناصر التقوية للحصول على مناعة من التداخل الكهرومغناطيسي والتوصيل الكهربائي ، وقد صممت كابلات خاصة لهذه الأغراض نراها في الشكل (٦-١٣) ،إذ أحيطت الألياف البصرية بطبقة واقية ضيقة، ووضع عنصر التقوية البلاستيكي فوقها ، ثم غلفت بطبقة خارجية، وتوضع هذه الكابلات على شكل شريط يمكن فصل كل كابل على حده ليخدم المواقع المختلفة .

٦-٧-٤ الكابلات الهوائية Aerial Cables

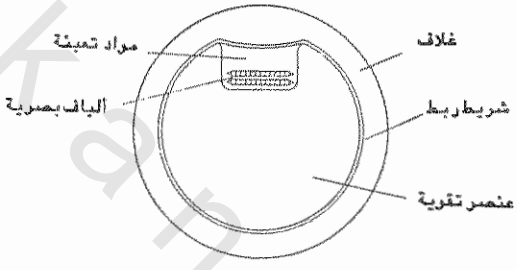
تتعرض الكابلات الهوائية لعوامل عديدة كأشعة الشمس المباشرة والرياح العاتية بالإضافة إلى وزن الكابل عند تعليقه مما يحدث شداً على الكابل لابد من تجنبه ولهذا السبب فقد عملت تصاميم عديدة للحصول على أفضل النتائج ، نرى في الشكل (٦-١٤) تصاميم مختلفة لكابلات هوائية تستخدم قضباناً مصنوعة من البوليمر المقوى بالزجاج كعنصر تقوية لأنه خفيف الوزن، شق في طرفه لوضع أنابيب تحوي في داخلها الألياف البصرية الموضوعة بشكل لولبي ، أما الأنابيب فلا توضع بشكل مستقيم بل بشكل جيبي داخل الشق ، وبهذه الطريقة نضمن، أياً كانت المؤثرات الخارجية، عدم حصول شد على الألياف البصرية . وقد وجد أن هذا النوع من الكابلات يستطيع تحمل 22.5KN ، وهذا يكفي لتركيب الكابل مسافة 1km في المناطق الاستوائية دون حدوث أي إجهاد طولي على الليف البصري. أما في المناطق التي تتعرض للثلوج والرياح فإن المدى Span هو 0.5km .



(أ) كابل معلق لولبي



(ب) كابل معلق يستخدم الأغلفة الواقية



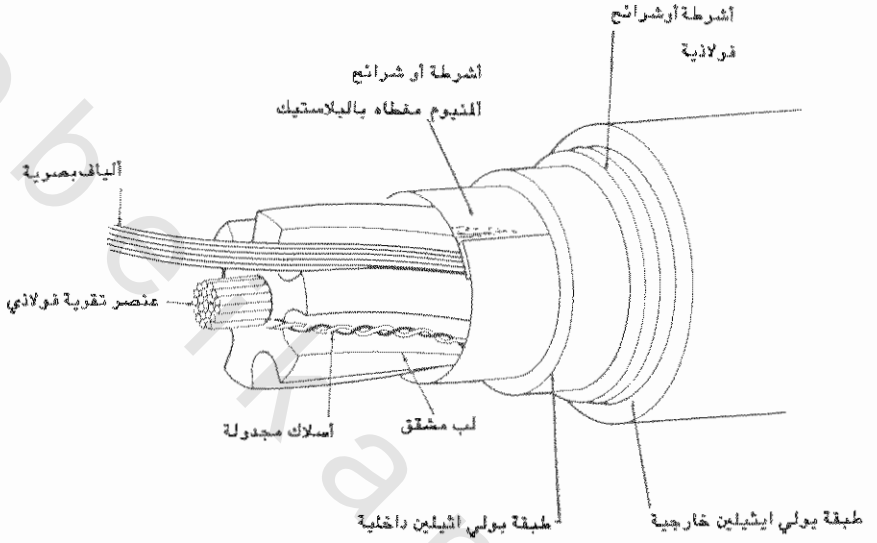
(جـ) كابل معلق شريطي

الشكل رقم (٦-١٤) تصاميم مختلفة لكابلات معلقة

٦-٧-٥ الكابلات المدفونة Buried Cables

استخدمت كابلات الإستخدام العام تحت سطح الأرض في المراحل الأولى من استخدام الألياف البصرية. غير أن القوارض استطاعت أن تدمر هذه الكابلات مما اضطر المصنعون لاستخدام طبقات حماية لاتستطيع القوارض مهاجمتها، ونرى في الشكل (٦-١٥) مقطعاً لكابل يدفن تحت سطح الأرض. يُحاط عنصر التقوية الفولاذي بلب الكابل المشقق بشكل طولي لولبي يتم وضع كل ليف أو مجموعة من الألياف أو شريط منها في أحد هذه الشقوق ،وبهذه التركيبة يسمح للألياف بالتحرك والاقلال من الشد عليها ثم تغلف جميعاً بطبقات من شرائح الألمنيوم والبلاستيك وبالشرائح الفولاذية المغطاة بأشرطة بلاستيكية ثم تغلف بطبقة خارجية من البولي ايثلين.

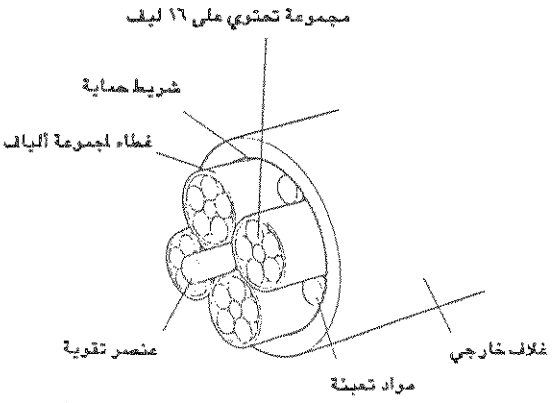
obeikandl.com



الشكل (٦-١٥) كابلات مدفونة تستخدم لب مشقق وحماية ضد القوارض

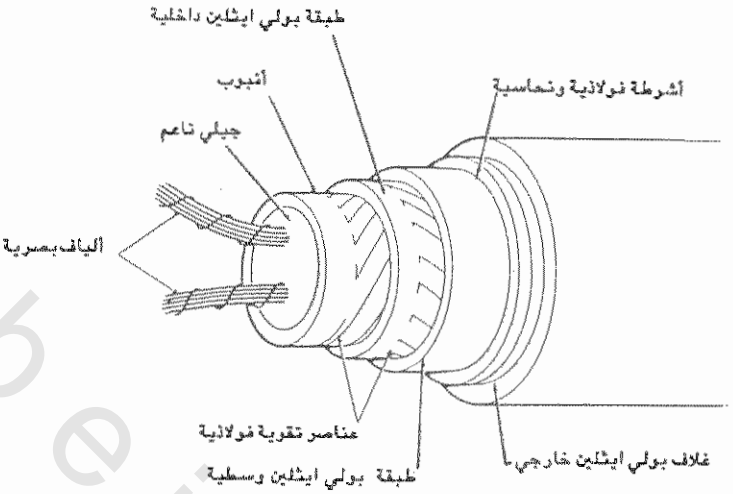
٦-٧-٦ كابلات الاتصالات البعيدة Telecommunications Cables

تتمتع الكابلات المستخدمة في الاتصالات بعيدة المدى بمزايا قد لاتجدها في الاستخدامات الأخرى. فتغير درجة الحرارة قليل ولاتتعرض لضغط أو اهتزازات كثيرة كما هو الحال في الكابلات المغمورة أو المستخدمة في الطائرات. ولكن هناك ضرورة لاستخدام تصاميم اقتصادية تمكن من التوسع المستقبلي، وتقلل تكاليف الانشاء. وفي بداية استخدام الألياف البصرية للاتصالات بعيدة المدى استعملت كابلات الإستخدام العام حيث وضعت داخل مواسير مسلحة .



الشكل (٦ - ١٦) مقطع لكابل بصري يستخدم في الاتصالات البعيدة

وفي الشكل (٦-١٦) وضعت مجموعة منها ضمن كابل واحد باستخدام ألياف محاطة بغلاف ضيق وموضوعة بشكل لولبي حول عنصر التقوية ومجموع الألياف ضمن هذا الكابل يصل إلى ٣٢٠ ليف . لكن حجم الكابل في هذه الحالة أصبح كبير جداً، ووجد من المناسب البحث عن تصاميم أخرى أكثر اقتصادية . ووجد أن التصميم في الشكل (٦-١٥) مع أو بدون الأشرطة الفولاذية سيعطي حجماً أقل مع إمكان وضع كمية كبيرة من الألياف داخل الكابل. وفي تصميم آخر نراه في الشكل (٦-١٧) توضع حزم من الألياف كل حزمة معرفة بلون معين، توضع هذه الحزم داخل أنابيب وتغطى بالجلي الناعم ثم تحمى كل أنبوبة بطبقة من البولي ايثلين تتبعها طبقات فولاذية للتقوية ثم طبقة من الشرائح الفولاذية المغطاة بالبولي اثيلين، فأشرطة نحاسية وتغلف بطبقة خارجية من البولي ايثلين. وبذا تحمى الكابلات من القوارض والصواعق . إن وضع الألياف على شكل حزم يقلل من الشد عليها ويقلل من التوهين أثناء التشغيل.



الشكل (٦-١٧) كابل اتصالات بعيدة محمي من القوارض والصواعق

٦-٧-٧ كابلات الإتصالات العسكرية Military Communications Cables

تتعرض الكابلات المستخدمة في الاتصالات العسكرية أكثر من غيرها لظروف قاسية تتطلب تحملاً جيداً لهذه المؤثرات كالنقل ، والتخزين والاستخدام ويمكن تلخيصها بالآتي:

١ - التحميل ، التنزيل ، التركيب والفك في فترات قصيرة وفي ظروف قاسية.

٢ - تغطيسها في الماء وفي جو مرتفع الرطوبة.

٣ - التعرض للبرودة الشديدة.

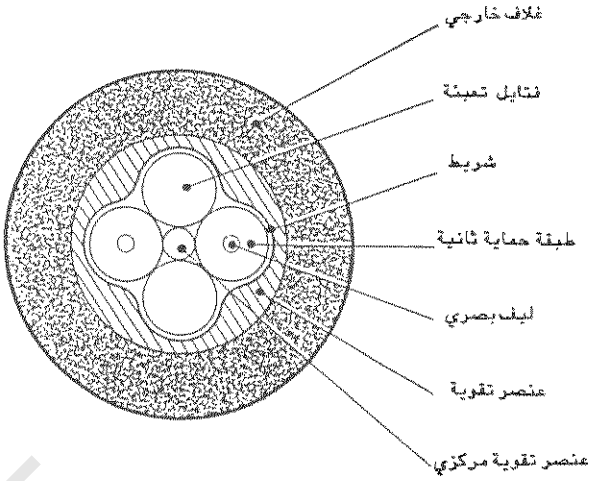
٤ - التعرض للحرارة العالية وأشعة الشمس المباشرة والغبار والأتربة.

٥ - تعرضها للمركبات والأسلحة الثقيلة والمجنزرة والسحب واللي.

٦ - تأثرها بالأسلحة النووية والكيميائية والبيولوجية .

ومن التصاميم المستخدمة لهذا الغرض ماهو موضح بالشكل(٦-١٨) إذ يستخدم في هذا الكابل ليف مغطى بطبقتي حماية ضيقة وطبقة من النايلون وفتايل تعبئة من النايلون بشكل رباعي تلف بعد ذلك بشريط وتحاط بطبقة تقوية ثم تغلف بطبقة خارجية من مادة الهايترل Hytrel ، أما عنصر التقوية المركزي فهو من فتايل النايلون وقد أثبتت هذه الكابلات فعالية جيدة في الاستخدامات العسكرية .

obeikandl.com

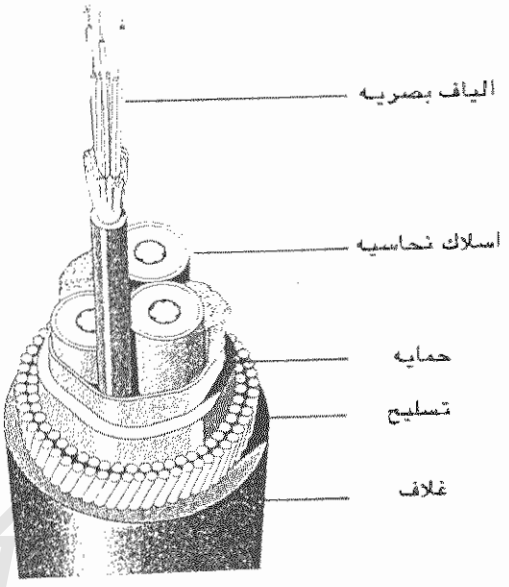


الشكل (٦-١٨) كابل اتصالات للاستخدامات العسكرية

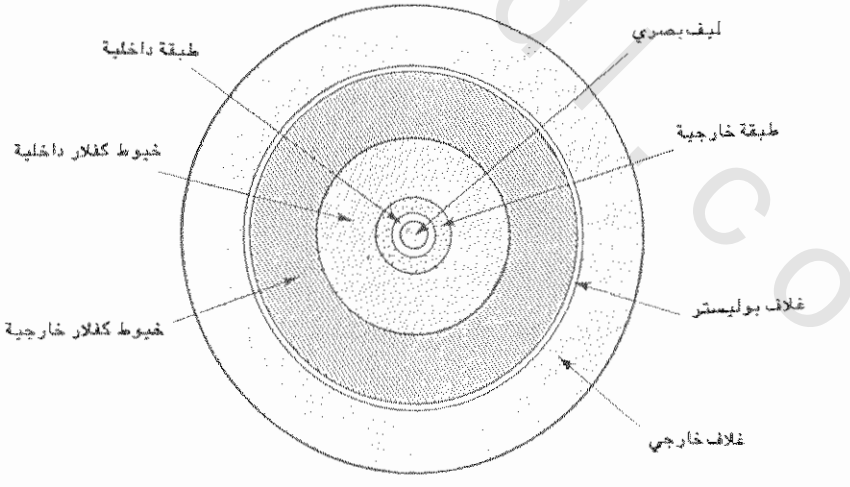
٨-٧-٥ كابلات الاستخدام الخاصة Special Purpose Cables

برزت تصاميم كثيرة للاستخدامات الخاصة يقع كثير منها ضمن التصاميم الآنف ذكرها والأمثلة على ذلك كثيرة منها كابلات تحتوي على أسلاك نحاسية لنقل الطاقة الكهربائية توضع الألياف البصرية ضمن تركيبها ، الشكل (٦-١٩)، وضع أسلاك نحاسية للهاتف ضمن الكابل البصري وهلم جرا. غير أن هناك عائلة من الكابلات البصرية مزودة بليف مفرد تستخدم للأغراض العسكرية ولاتقع ضمن التصاميم التي سبق شرحها. نرى في الشكل (٦-٢٠) مقطعاً لواحد منها حيث يتراوح قطر الكابل بين 0.55mm و 3.5mm يحاط الليف البصري بطبقتي حماية يتبع ذلك طبقتين من خيوط كفلار ثم يغطى بطبقة من البوليستر ويغلف بطبقة خارجية من الهايترل Hytrel وقد أثبت هذا التصميم فعالية جيدة تحت ظروف مختلفة ولم يلاحظ التوهين تحت هذه الظروف أو تحت ضغط مستقر وصل إلى $69MN/m^2$.كما تستخدم الألياف البصرية بالتوازي مع خطوط الضغط العالي الهوائية للتحكم والسيطرة ونقل المعلومات .

obeikandl.com



الشكل (٦-١٩) ألياف بصرية ضمن كابل نحاسي لنقل الطاقة



الشكل (٦- ٢٠) كابل بصري للاستخدامات الخاصة

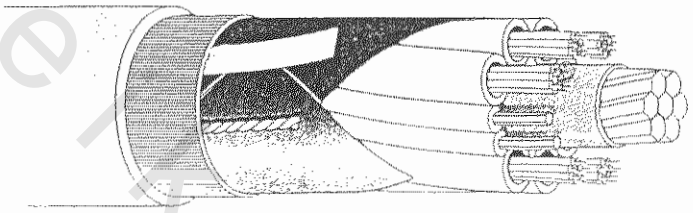
obeikandl.com

٦-٨ الخلاصة Summary

عندما تحدثنا عن الليف البصري أشرنا إلى أن صغر حجمه وخفة وزنه صفات جيدة للوسط الناقل، غير أن هشاشته وصغر حجمه تجعله عرضة للظروف البيئية القاسية التي قد تحد من استخدامه . من هذا المنطلق وجد أن اللب المغطى بالكساء وهي المكونات الأساسية لليف غير قادرة على حماية نفسها ، ووجدنا من الضرورة أن تغطى بطبقة حماية لوقايتها وتقويتها ، وحتى لايتعرض الليف البصري لأي ضغط موضعي وكي يصبح حر الحركة وجد من الضروري تغليفه بغلاف واق يحميه ويعطيه الحركة المنشودة ، ومع كل ذلك قد لايتحمل الاجهاد والشد الواقع عليه ، فأضيفت عناصر تقوية تساعد على التركيب والسحب ، وكي لاتؤثر الألياف على بعضها أضيفت مواد تعبئة تعمل كوسائد حماية، ولمنع الرطوبة والمياه والسوائل الأخرى من التخلخل داخل الكابل البصري أضيفت أشرطة مانعة للرطوبة ومواد جلاتينية ، كما أضيفت شرائح من الفولاذ لمنع القوارض من مهاجمة الكابل تغطى جميعاً بطبقة من البلاستيك التي تتولى حماية الأجزاء الداخلية للكابل من التعرض للأحوال البيئية المتغيرة . وقد يحاط بأسلاك فولاذية لحماية الكابل وتقويته كما هو الحال في الكابلات المغمورة التي توضع في قاع المحيط . وقد استعرضنا في هذا الفصل تصاميم عديدة لكابلات بصرية نوجزها في الفقرات التالية :

يعتمد اختيار الكابل البصري على نوعية الاستخدام والبيئة التي يستخدم بها والتصاميم التي ذكرت في هذا الفصل تغطي مجالاً واسعاً من الاستخدامات تحت ظروف بيئية مختلفة . إن استخدام الكابلات البصرية في الاتصالات البعيدة يعتبر أقلها تعرضاً للبيئة القاسية ، لذا نجد أن الاختيار في هذه الحالة تحكمه التكلفة ، وقد شاع استخدام ثلاثة أنواع من التصاميم في هذا المجال وهي : (١) الكابلات الحاوية على أنابيب طليقة loose - tube كما هي في الشكل (٦-٢١) ، (٢) الكابلات ذات القنوات المفتوحة أو ذات اللب المشقق أو الأخدودية slotted or grooved - core والتي سبق شرحها في البند (٦-٧-٥) وفي الشكل (٦-١٥) مقطع لهذه التصاميم (٣) الكابلات الرزمية

في الشكل (٦-١٧) التي أصبحت تلقى رواجاً في كثير من الاستخدامات ولابد من الإشارة هنا إلى أن الليف البصري في التصاميم السابقة مغطى بطبقة حماية وحر الحركة داخل الأنبوب الواقي ضمن الكابل البصري.



الشكل (٦-٢١) كابل بصري يحتوي على مجموعات من الألياف داخل أنابيب طليقة

وبصفة عامة نجد أن المواصفات المطلوبة للاستخدامات العسكرية دقيقة ذات طبيعة خاصة لمجابهة الظروف البيئية والأحوال التشغيلية التي تتعرض لها . إن معظم هذه الكابلات لاتحتوي على أجزاء معدنية ويمكن استخدامها في درجات حرارة تتراوح بين 65 $\overset{\circ}{C}$ و200 $\overset{\circ}{C}$ وخاصة في سلاح الجو . ولتوجيه الصواريخ يجب أن لايتعدى قطر الكابل 0.5mm أو بالإمكان استخدام ليف مغطى فقط .

وعلى النقيض من ذلك نرى أن كابلات الاجهاد الديناميكي المستخدمة للقطر أو السحب في سلاح البحرية يوازي قطرها قطر الأسلاك المفمورة . أما الكابلات المستخدمة للاتصالات العسكرية فيجب أن تكون مرنة،عالية التحمل غير معدنية ومقاومة للحرارة. وهذه المتطلبات يمكن تحقيقها باستخدام ألياف بصرية مغطاة بطبقات وقاية ضيقة ، لذا نجد أن في معظم الاستخدامات العسكرية يتم استخدام الأغلفة الضيقة .

obeikandi.com

تقع مواصفات الكابلات الصناعية بين مواصفات الكابلات المستخدمة للأغراض العسكرية حيث الشدة والقساوة في التركيب والتشغيل والأجواء المحيطة وبين مواصفات الاتصالات بعيدة المدى حيث توضع الكابلات في مجاري خاصة بها . وتحدد مواصفات الكابلات الصناعية الظروف التشغيلية لتلك الصناعة ، وبالإمكان اختيار أي من التصاميم الوارد ذكرها لمواجهة المتطلبات المختلفة .

obeikandl.com

الفصل السادس

أسئلة

١ - أذكر النقاط الأساسية التي يجب أن يحققها الكابل البصري.

٢ - أذكر العناصر التي يجب أن يتصف بها الكابل الليفي المعلق.

٣ - ماهي صفات الكابلات المدفونة المستخدمة في الاتصالات ؟

٤ - أذكر ثلاثة عناصر تقوية تستخدم في الكابلات البصرية وماهي صفاتها ؟

٥ - أذكر نوعين من أغلفة الوقاية .

٦ - أذكر ثلاثة أنواع من طبقات الوقاية .

٧ - لماذا تستخدم طبقات التبطين ؟

٨ - لماذا تستخدم مواد الجيلي ومتى تستخدم ؟

٩ - أذكر ستة أنواع من الألياف البصرية واعط مثل لاستخدام كل نوع .

١٠ - ما المقصود بالحد الأدنى من الثني وماهي أهمية هذه الصفة ؟

مسائل

١ - لدينا تشكيلة أولية قطرها 5cm وطولها 1m . أوجد طول الليف البصري الممكن تصنيعه من هذه التشكيلة إذا كان قطر الليف 125μm.

٢ - إذا أردنا لف الليف المذكور في المسألة رقم (١) ضمن كابل قطره الخارجي 2mm وأردنا لفه حول بكرة قطرها 20cm وارتفاعها 30cm فماهو قطر البكرة الكلي بعد اللف.

obeikandl.com