

خطوط النقل والألياف البصرية

كيبيلات الألياف البصرية



الوحدة الرابعة : كيبيلات الألياف البصرية

الجدارة: هي القدرة على التعرف على أنواع وخصائص كيبيلات الألياف البصرية وتطبيقاتها المختلفة...

الأهداف: عندما تكتمل هذه الوحدة تكون لدى المتدرب القدرة على أن:

- يعرف أنواع كيبيلات الألياف البصرية.
- يعرف الشروط والمواصفات الواجب توفرها في الكيبل البصري.
- يعرف تركيبة الكيبيلات البصرية بأنواعها المختلفة.
- يعرف المشاكل التي تواجه الكيبيلات البصرية وكيفية التغلب عليها.

مستوى الاداء المطلوب: أن يصل المتدرب على إتقان الجدارة بنسبة ٩٠٪

الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة: ٦ ساعات.

الوسائل المساعدة:

- السبورة.
- استخدام برنامج "Power Point" لعرض محاضرات كيبيلات الألياف البصرية.

متطلبات الجدارة:- أن يكون المتدرب ملماً بمحتوى الوحدة الثالثة



كيبيلات الألياف البصرية

Fiber Optic Cables

مقدمة

درسنا في الوحدة السابقة أساسيات الألياف البصرية من جوانبه المختلفة، لكن في الواقع العملي فإن المصانع تنتج الألياف البصرية وتقدمها للمستخدمين على شكل كيبيلات بموديلات وأحجام مختلفة وذلك حسب الطلب والتطبيق، ويعود السبب في ذلك إلى ضرورة ترتيب الألياف على شكل مجموعات وتوفير الحماية لها من أي ظروف جوية أو أي تأثيرات خارجية أخرى (لأنها صغيرة الحجم وهشة وقابلة للكسر) و تتوافر الكيبيلات على شكل مجموعتين رئيسيتين:

- الكيبيلات الخارجية (Outdoor Cables) :- وهي الكيبيلات التي تستخدم خارج المباني.
- الكيبيلات الداخلية (Indoor Cables):- وهي الكيبيلات التي تستخدم داخل المباني.

٤- ١ الكيبيلات الخارجية Outdoor Cables

لتقوم الكيبيلات الخارجية بعملها بشكل جيد يجب توفر فيها المتطلبات التالية:

- العمل في مجال واسع لدرجات الحرارة.
- عدم دخول الماء إليها وذلك لضمان عدم وصول الماء للألياف والذي يتسبب في زيادة الفقد.
- مقاومة تأثير أشعة الشمس فوق البنفسجية.
- الثبات وعدم تلفها عند تعرضها لرياح شديدة أو أي تأثيرات ميكانيكية أخرى.
- يجب أن تكون متينة وذات غلاف خارجي سميك وقوي حيث يكون غالباً طبقة معدنية تحت الغلاف تسمى الدرع المعدني (Metal Armor).

توجد أنواع متعددة من الكيبيلات الخارجية تبعاً لطريقة ترتيب الألياف داخل الكيبل وكذلك تبعاً لطبقات الحماية المضافة لحماية الألياف ومن أهمها :

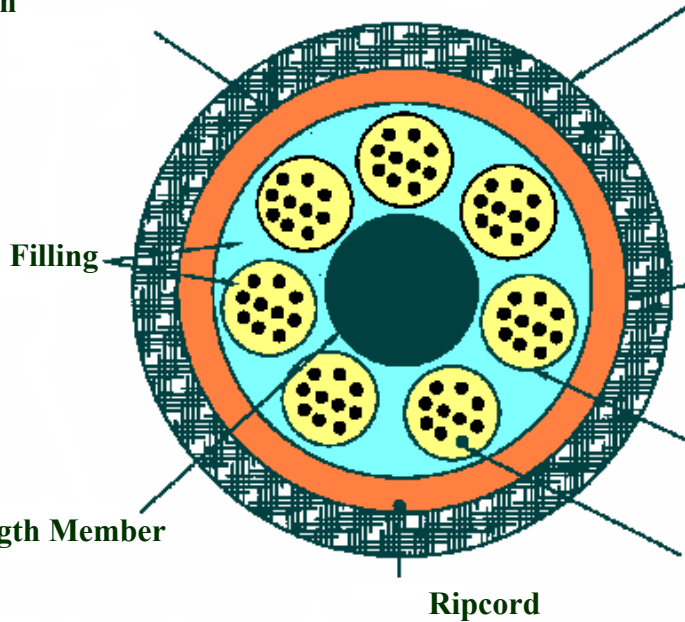


٤- ١- الكيبل ذو الأنبوب الواقي Loose Tube Cable

يتكون هذا النوع من الكيبيلات من مجموعة من الأنابيب (Tubes) المفرغة وذلك لوضع الألياف داخلها حيث تتحرك بشكل حر (Loose) مما يوفر الحماية لتلك الألياف ويرتبطها على شكل مجموعات داخل الكيبل. يكون كل أنبوب بقطر من (2 mm) إلى (3 mm) ويحوي داخله عدداً من الألياف يصل إلى 12 ليفاً (الشكل ٤- ١).

Aramid Yarn Protective Sheath

Polyethylene Jacket

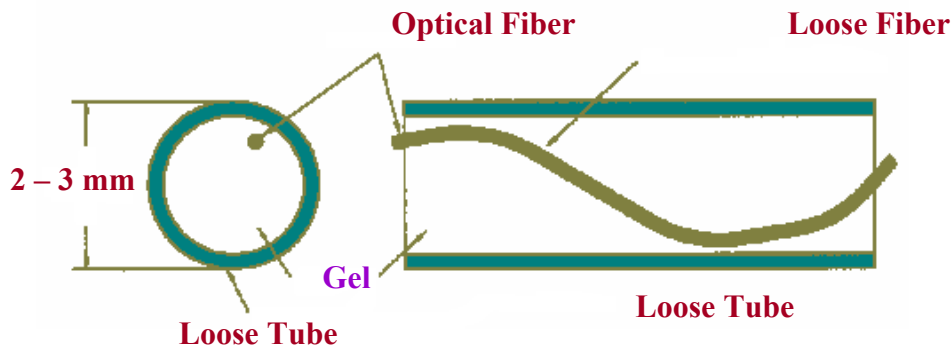


Steel Armor

Optical Fiber

Ripcord

Center Strength Member



الشكل (٤- ١) الكيبل ذو الأنبوب الواقي



تُرتَّب الأنايب بشكل هندسي حول عنصر التقوية (Strength Member) والذي يكون في الغالب في وسط الكيبل. عادة ما يكون الأنبوب مفرغاً ، لكن ولغرض منع وصول الماء أو الرطوبة إلى الألياف يملأ الأنبوب بمادة جلاتينية مقاومة للماء (Water Resistant Gel). وفي العادة يكون طول الليف داخل الأنبوب أطول من الأنبوب نفسه والذي يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند إجراء القياسات باستخدام جهاز (OTDR).

لتسهيل عملية التعرف على خط الاتصال وخاصة عند القيام بالقياسات فإن الأنايب وكذلك الألياف عادةً ما تكون بألوان مختلفة وذلك لأن عددها كبير جداً (يصل إلى أكثر من 200 ليف). ولإعطاء الكيبل المزيد من القوة والمتانة ولتسهيل عملية سحبه (Pulling Operation) أثناء التمديد يكون داخله عنصر قاسي ومتين جداً يسمى عنصر التقوية (Strength Member) حيث يصنع من المعدن أو مادة عازلة قوية (Dielectric) أو الكفلار (Kevlar) وهو مادة صناعية على شكل خيوط رفيعة جداً تتمتع بمتانة ومرونة عالية جداً.

وعادة ما تتم صناعة الغلاف الخارجي للكيبل (Jacket) من المواد البلاستيكية (Polyethylene) أو المطاط (Rubber) أو من المعدن (Steel Armor) وللمزيد من المعلومات عن أي كيبل دائماً يتم الرجوع إلى مواصفات الشركة المنتجة للكيبل.

٤- ١- ٢ الكيبل ذو الشكل "8" Figure 8 Cable

جاءت تسمية هذا الكيبل لأن المقطع العرضي له يشبه رقم (8) في الأرقام العربية شكل (٤- ٢)، حيث يعتبر كيبل عادي من النوع السابق ذي الأنبوب الواقي مثبتاً معه حامل معدني (Steel Holder) حيث يستعمل خصيصاً للتعليق، لذلك فهو مناسب للاستخدام في التركيبات الهوائية (Aerial Installation)، وعادة ما يصنع الحامل من المعدن أو العازل ويكون مغطى بطبقة من الغلاف الخارجي. نظراً لتعرض الكيبيلات الهوائية للعوامل والتأثيرات الجوية المختلفة (أشعة الشمس، الرياح، ...) كذلك الشد الناتج عن وزن الكيبل عند التعليق يجب أن تتمتع بدرجة عالية من المتانة.

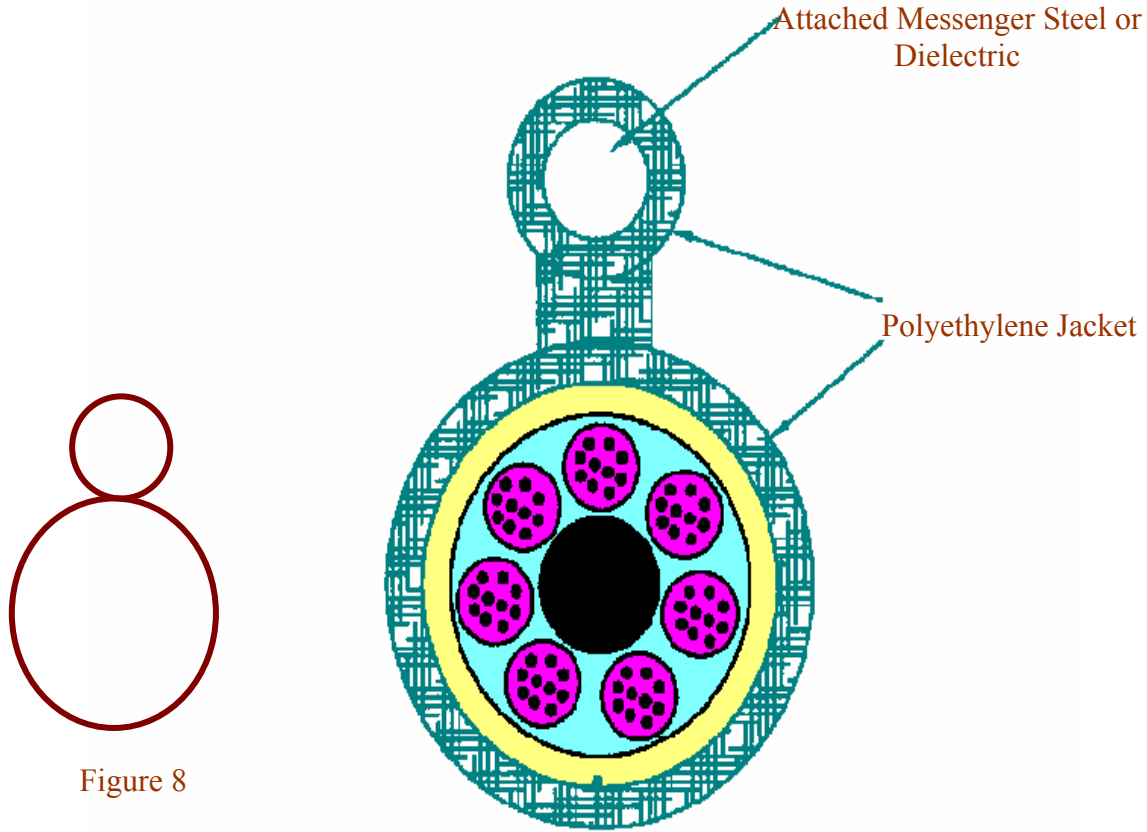


Figure 8

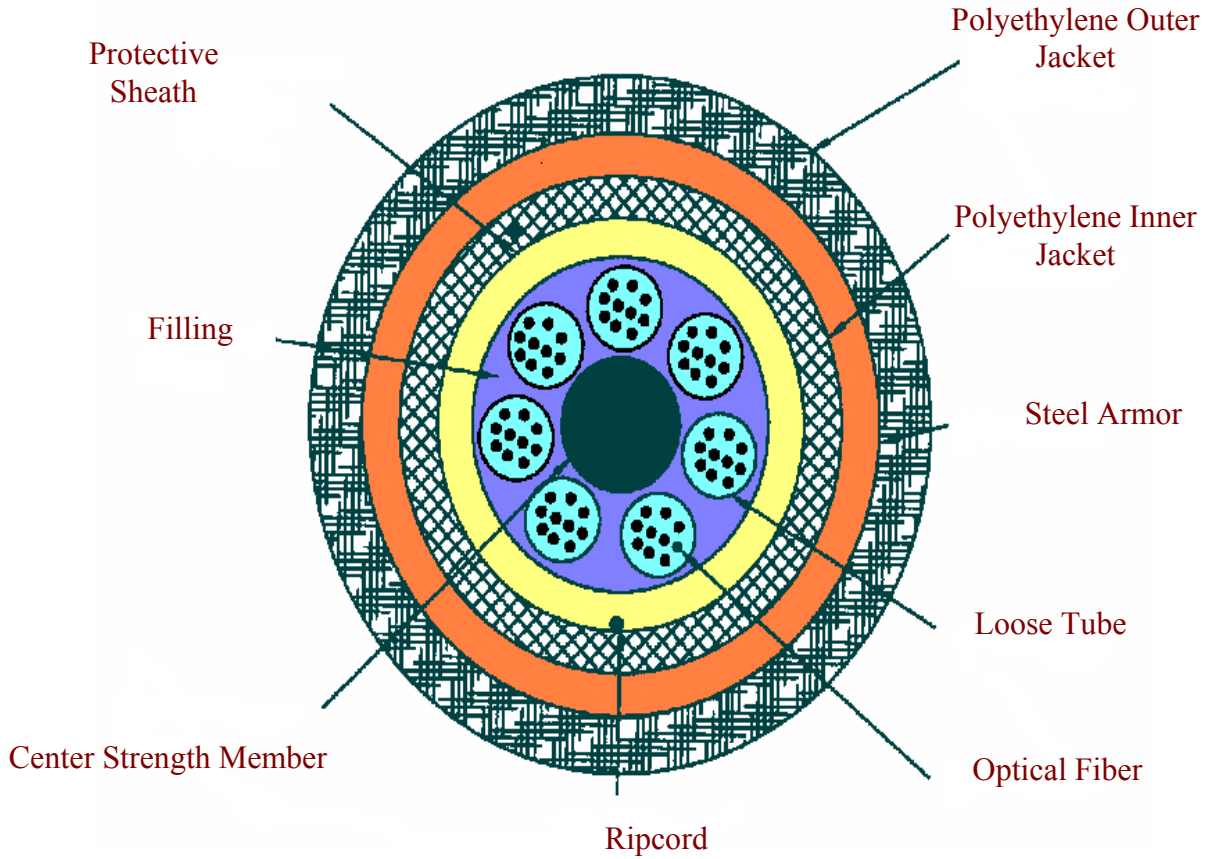
الشكل (٤ - ٢) الكيبل البصري ذو شكل "8"

٤ - ١ - ٣ الكيبل ذو الدرع المعدني Armored Cables

تتميز الكيبيلات ذات الدرع المعدني بوجود طبقة معدنية (Steel Armor) تحت الغلاف الخارجي للكيبل (انظر الشكل ٤ - ٣) ، مما يعطي الكيبل المزيد من القوة والمتانة ويساعد في تحسين حماية الألياف من التأثيرات الخارجية ويمنع وصول الماء إلى الألياف. هذه الكيبيلات تتوافر بطبقتين من المعدن والتي تسمى الكيبيلات ذات الدرع المزدوج (Double-Armor) للمزيد من الحماية وخاصة عند استخدام الكيبيلات في المناطق القاسية. ويجب التنويه إلى أنه يجب تأريض (Grounding)



الطبقة المعدنية في جميع مناطق التوصيلات واللحام ومداخل المباني. وتستخدم هذه الكيبيلات مدفونة تحت الأرض (Buried Cables) أو في المناطق الصناعية ذات الظروف الصعبة.



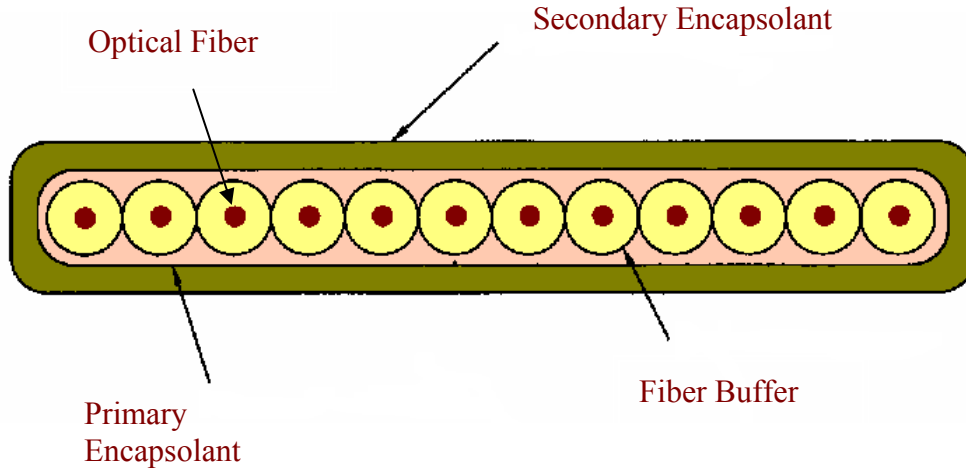
الشكل (٤ - ٣) كيبيل بصري ذو درع معدني

٤ - ١ - ٤ الكيبيل الشريطي Ribbon Cable

لقد تم تقديم الكيبيل الشريطي في الأسواق كحل عملي لزيادة كثافة الألياف (عددها) داخل الكيبيل وتقليل الوقت اللازم لتحضير وتجهيز الكيبيل وإتمام عمليات الربط واللحام. يتمثل هذا الحل بوضع وترتيب مجموعة من الألياف البصرية بشكل صفي مما يجعلها تشبه الشريط (Ribbon) ومن هنا جاءت التسمية (انظر الشكل ٤ - ٤). يتراوح عدد الألياف في الشريط الواحد من (12) إلى (24) حيث يوضع كل شريط داخل أنبوب واقٍ (Buffer Tube). يصل عدد الألياف في الكيبيلات



الشريطية إلى أكثر من (800) ليف في الكيبل الواحد مقارنة مع (200) ليف كأعلى سعة للكيبلات العادية.



الشكل (٤ - ٤) شريط من الألياف البصرية

مميزات الكيبل الشريطي:-

- السعة العالية جداً.
- إمكانية استخدام اللحام الجماعي مما يقلل الوقت والتكاليف مقارنة مع ما هو مستخدم في الكيبيلات العادية.
- إمكانية الحصول على أطوال أكبر على البكرة الواحدة وذلك بسبب الزيادة في أعداد الألياف في الكيبل الواحد.

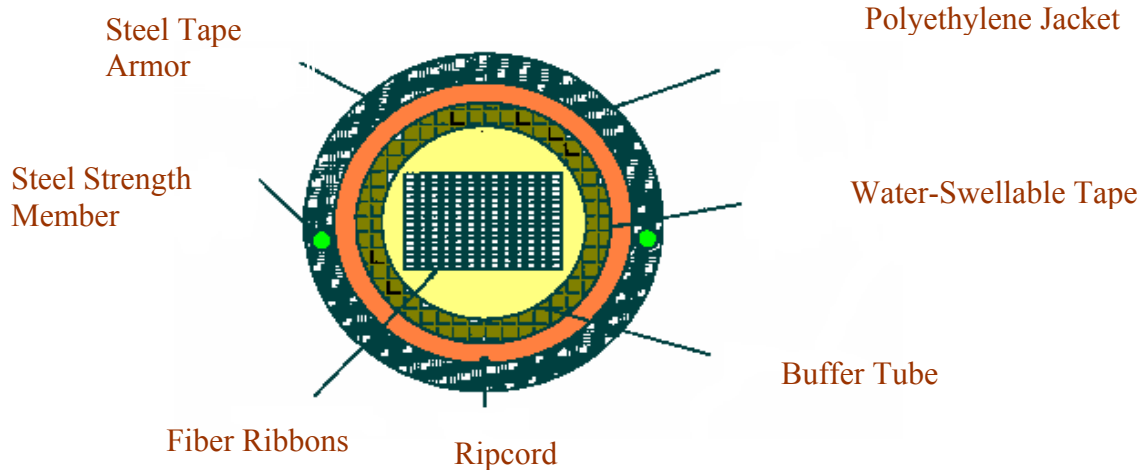
■ عيوب الكيبل الشريطي:-

- الحاجة إلى نوع خاص من أدوات وأجهزة اللحام الجماعي وما يتبع ذلك من تدريب وتأهيل.
- الحاجة إلى خزائن لتثبيت وحفظ الكيبل الشريطي في مناطق اللحام (Splice Enclosure).

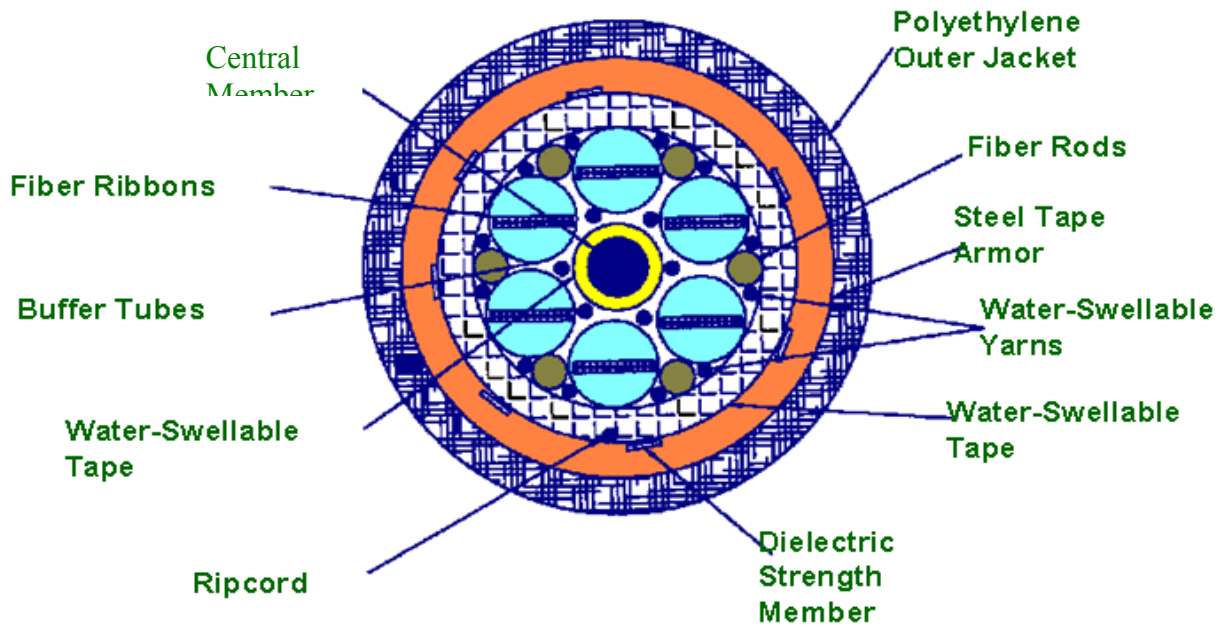
ويتوفر حالياً في الأسواق نوعان رئيسيان من الكيبيلات الشريطية:



- النوع الأول: ذو التصميم المركزي (Single Central Tube) حيث تتواجد الأشرطة التي تحوي الألياف كمجموعة في مركز الكيبل (انظر الشكل ٤ - ٥).
- النوع الثاني: ذو الأنبوب الواقي (Loose Tube Ribbon Cable) حيث يوضع كل شريط ليفي داخل أنبوب واقٍ (Loose Tube) وترتّب هذه الأنابيب داخل الكيبل حول عنصر التقوية، الشكل (٤ - ٦).



الشكل (٤ - ٥) الكيبل الشريطي ذو التصميم المركزي



الشكل (٤ - ٦) الكيبل الشريطي ذو الأنبوب الواقي



٤- ٢ الكيبيلات الداخلية Indoor Cables

ليس من الضروري أن تكون الكيبيلات الداخلية صلبة وذات متانة عالية كما هو الحال مع الكيبيلات الخارجية وذلك لكونها تستخدم داخل المباني حيث الظروف الجوية المناسبة وتكون محمية من التأثيرات الخارجية على اختلاف أشكالها، لكن وفي نفس الوقت، يجب توافر الشروط التالية:

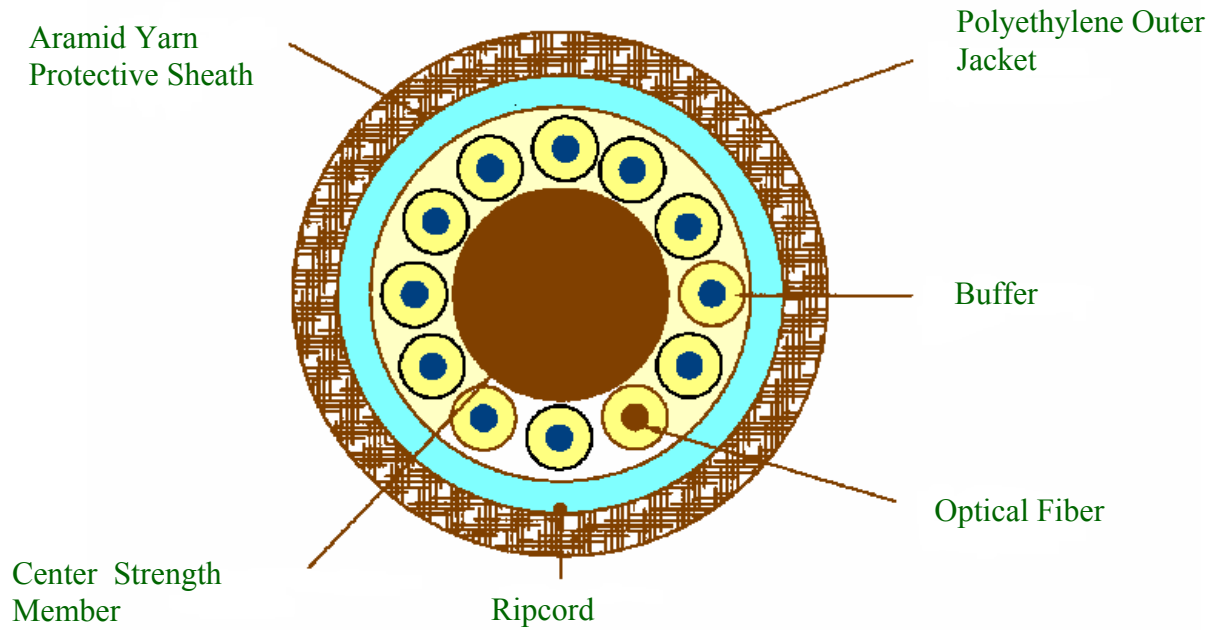
- أن توفر الحماية للألياف التي بداخلها من أي تأثيرات خارجية خلال وبعد التركيب.
- أن تكون ذات مرونة عالية وذلك لتسهيل تمديدتها وتوصيلها داخل المباني والمنشآت.
- أن تتوافق وتتلاءم مع المواصفات والمقاييس للمباني والمنشآت المعتمدة في البلد المعني.

٤- ٢- ١ الكيبل ذو الغلاف الواقي الضيق Tight Buffered Cable

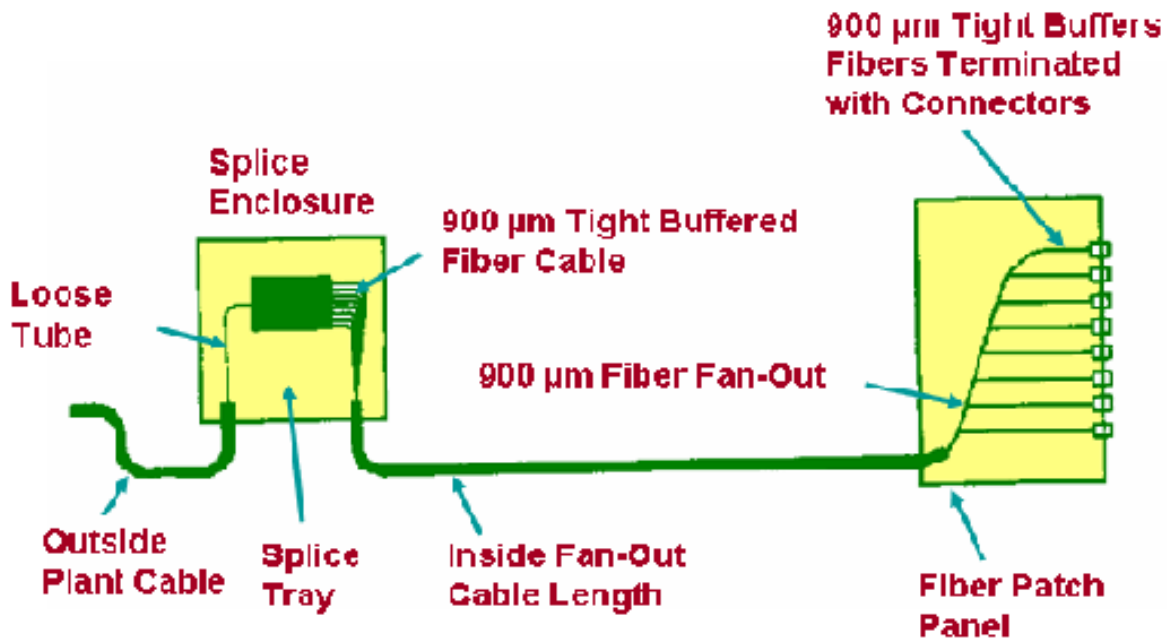
لقد تم تصميم وتصنيع هذا النوع من الكيبيلات للاستخدامات الداخلية (Internal Applications). حيث يوضع الغلاف الواقي الضيق (Buffer) والمصنوع عادة من البلاستيك في هذا النوع من الكيبيلات فوق الليف البصري مباشرة وذلك لتوفير الحماية له من التأثيرات الخارجية ولإعطاء الليف البصري المزيد من السماكة. يصل قطر الليف البصري مع طبقة الغلاف الواقي الضيق إلى (900 μm) والذي يحيط بغلاف أولي (Coating) قطره (250 μm)، انظر الشكل (٤ - ٧). تجدر الإشارة إلى أن الكيبل ذا الغلاف الواقي الضيق أكثر مرونة من مثيله الكيبل ذا الأنبوب الواقي ولذلك فإنه يتميز بنصف قطر انحناء (Bend Radius) أقل.

٤- ٢- ٢ الكيبل المربوط مع الوصلات Fan-Out Cable

يعتبر هذا الكيبل كيبلاً ذا غلاف واقٍ ضيق بحيث إن النهاية الطرفية لكل ليف مربوطة مع وصلة (Connector) مجهزة في المصنع بمستوى وإتقان عالٍ، انظر الشكل (٤ - ٨). كل ليف داخل هذا الكيبل يكون مغطى بغلاف واقٍ ضيق بقطر (900 μm) عندما يستخدم في لوحات (خزائن) التوزيع، وبغلاف واقٍ بقطر (3000 μm) عندما يستخدم الكيبل للتوصيل مع الأجهزة والمعدات.



الشكل (٤ - ٧) الكيبل ذو الغلاف الواقي الضيق



الشكل (٤ - ٨) الكيبل المربوط مع الوصلات واستخدامه في لوحات التوزيع



٤- ٢- ٣ وصلات القياس البصرية Fiber Optic Patch Cords

لإجراء القياسات المختلفة، عادة ما يلزم وجود وصلات قياس (تسمى أيضاً Jumpers) بأشكال ومقاسات متنوعة الشكل (٤- ٩) وهي عبارة عن قطع من الألياف البصرية من مختلف الأنواع وبطول من متر إلى 5 أمتار. بعض هذه الوصلات يحتوي على ليف واحد ويكون لون غلافها الخارجي أصفر والبعض الآخر يحتوي على زوج من الألياف ويكون لون غلافها برتقالياً. تستخدم هذه الوصلات لربط الأجهزة إلى الليف البصري عن طريق لوحات التوزيع أو ربط الأجهزة مع بعضها البعض.



شكل (٤- ٩) وصلات القياس للألياف البصرية

٤- ٣ كيبيلات التطبيقات الخاصة Special Cables

خلافًا للأنواع التي تم شرحها سابقاً، هنالك مجموعة من الكيبيلات ذات الاستخدامات الخاصة نقدمها باختصار كما يلي:

أ- الكيبيلات البحرية Submarine Cables

تستخدم هذه الكيبيلات تحت الماء حيث تكون مغمورة وتتعرض لضغط عالٍ وتحتاج إلى قوة شد عالية لسحبها، لذلك يجب أن تكون ذات متانة عالية جداً، حيث تستخدم أكثر من طبقة من الأسلاك الفولاذية مما يمنح الكيبل متانة عالية وتحمل كبير للوزن، كذلك يجب أن تحتوي على طبقات إضافية لمنع وصول الماء إلى داخل الكيبل. وهنا لا بد من عزل الأسلاك النحاسية المغذية لمحطات التقوية وإعادة البث عن الماء وذلك باستخدام مواد بلاستيكية ذات عزل جيد.

ب- الكيبيلات الهوائية ذات التثبيت الذاتي Self - Supporting Aerial Cable



عادة ما تكون هذه الكيبيلات من النوع ذي الأنبوب الواقي المزودة بعنصر تقوية متين (غالباً ما يكون Kevlar) وغلاف خارجي قوي، وبذلك فلا يلزم وجود الحامل (Holder) للتثبيت. وكحالة خاصة، يستخدم ما يسمى بكيبيل التثبيت الذاتي المصنع كلياً من مواد عازلة (All-Dielectric Self-Supporting Cable) في المناطق الخطرة القريبة من خطوط الضغط العالي الكهربائي. وعادة ما تتعرض هذه الكيبيلات للعوامل الجوية المختلفة كالرياح والأمطار والعواصف وأشعة الشمس مما يتطلب مراعاة كل ذلك عند التصميم والتصنيع.

ج - الكيبيلات الصناعية Industrial Cables

يمكننا استخدام الكيبيلات العادية ذات الاستخدام العام (General Purpose Cables) في المنشآت الصناعية ولكن يجب أن تكون درجة الحماية عالية لمقاومة التأثيرات الخارجية التي يمكن أن تتعرض لها، كذلك تستخدم مواد عازلة كهربائياً (بما في ذلك عنصر التقوية) لمنع حصول التداخل الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Interference) والتوصيل الكهربائي.

د - كيبيلات الاتصالات العسكرية Military Communication Cables

غالباً ما تكون الظروف والأحوال التي تعمل فيها الكيبيلات ذات الاستخدام العسكري أكثر قسوة من مثيلاتها المستخدمة في المواقع المدنية، ومن هذه الظروف تعرضها لدرجات حرارة عالية ولأشعة الشمس المباشرة والغبار كذلك تتعرض لحركة آليات ثقيلة فوقها وإمكانية تعرضها وتأثرها بالأسلحة النووية والكيميائية. لذلك نجد الكيبيلات العسكرية تتمتع بأكثر من طبقة حماية ومن نوعية مواد عالية الجودة.

هـ - كيبيلات الاستخدام الخاص Special Purpose Cables

في كثير من الأحيان هنالك حاجة ماسة لبعض التصميمات التي تلبى تطبيقات معينة، فمثلاً هنالك الحاجة للكيبيلات التي تحوي داخلها أسلاكاً نحاسية وذلك لنقل الكهرباء وتغذية محطات التقوية وإعادة البث، كذلك تطلب بعض الجهات كيبيلات لاستخدامها بالقرب من خطوط الضغط العالي. عادة ما يتم تصميم وتصنيع هذه الكيبيلات بناء على طلبات تقدمها جهات معينة لاستخدامها الخاص.



٤- ٤ المشاكل التي تواجه الكيبيلات البصرية

هنالك العديد من المشاكل التي تواجهنا عند استخدامنا لكيبيلات الاتصالات البصرية وسوف نتطرق إلى أهمها ووسائل الوقاية منها:

أ- صدأ الجلفنة Galvanic Corrosion

بسبب درجات الحرارة المرتفعة ينتج الهيدروجين عن المواد المعدنية فيتسبب في صدأ الجلفنة ويعتمد ذلك على نوعية تلك المواد وطريقة تصنيعها، وكذلك ينتج الصدأ عند وصول الماء أو الرطوبة داخل الكيبل وملامسته للأجزاء المعدنية الموجودة. وعادة ما يؤخذ ذلك بعين الاعتبار في التصميم فتضاف طبقات خاصة تمنع وصول الماء والرطوبة داخل الكيبل وتقلل من تأثير الهيدروجين.

ب- القوارض Rodents

تتعرض الكيبيلات بشكل عام والمدفونة منها بشكل خاص إلى القوارض المختلفة التي قد تتسبب في تلف أجزاء من الكيبل، لذلك لا بُد من استخدام طبقات معدنية (فولاذية) بسماكة مناسبة مغطاة بمواد بلاستيكية لتوفير الحماية من تلك القوارض ومنع وصولها للألياف. كذلك تصنع مواد كيميائية خاصة تدخل في صناعة طبقات الحماية لا تقترب منها القوارض.

ج- تسرب المياه Water Ingress

من المشاكل الرئيسة التي تتعرض لها الكيبيلات دخول الماء أو الرطوبة داخل الكيبل ووصوله إلى الألياف مما يؤدي إلى زيادة الفقد وبالتالي ارتفاع نسبة التوهين. وحل هذه المشكلة يكمن في استخدام مواد خاصة عازلة للماء (Water Resistant Gel) منها جلي البترول وشحوم السيليكون.

د- تغير درجات الحرارة Temperature Change

تتأثر الكيبيلات البصرية بتغير درجات الحرارة، حيث إن تمدد المواد الداخلة في تركيبها مختلف فالبلاستيك وهو أكثرها تمدداً يختلف عن الليف وعن المعدن المستخدم للتقوية أو لطبقات الحماية. وبالمقابل يؤدي انخفاض درجات الحرارة إلى انكماش الليف البصري ولذلك يجب استخدام عناصر تقوية من مواد مناسبة ويفضل وضع الليف داخل الأنبوب بشكل لولبي مما يزيد من طول الليف ويجعله حر الحركة وبالتالي لا يتأثر بعملية الشد الناتج عن الانكماش.



أخيراً تتأثر الكيبيلات البحرية بمشكلة الضغط المائي والتي تؤدي أحياناً إلى تلف أنابيب الوقاية الداخلية وتلف الكيبل ككل، لذلك يجب مراعاة ذلك واختيار مواد ذات مقاومة عالية تتحمل الضغط المائي والذي يجب حسابه وأخذه بعين الاعتبار مسبقاً. والجدول (٤ - ١) يوضح مثال عملي للمواصفات العملية لأحد كوابل الألياف البصرية

جدول (٤ - ١) مثال على المواصفات الفنية لكيبل اتصالات بصري.

Specification	Value	Explanation
Cable type	Loose tube	
Number of fibers	18	
Nominal weight:	166 kg/km	
Diameter	14.4mm	
Temp. range:		
-Storage	-40 to 70°C	
-Operating	-40 to 70°C	-3 active tubes, 6 fibers
-Installation	-30 to 50°C	per tube
Max. Tensile rating:		
-Installation	2700 N	±5%
-Permanent	600 N	Storing cable on reel
Minimum bend radius:		Installed operating temperature.
-Installation	22.5 cm	-During installation and handling
-Permanent	15 cm	
Maximum rise	247 m	
Jacket	Polyethylene	
Central member	Dielectric	
Copper pairs	None	



تدريبات على الوحدة الرابعة

تمرين ١: اذكر الشروط الرئيسة التي يجب توافرها في الكيبيلات الخارجية؟

تمرين ٢: اذكر الشروط الرئيسة التي يجب توافرها في الكيبيلات الداخلية؟

تمرين ٣: اذكر أهم المواد التي تستخدم كعناصر تقوية للكيبيل؟

تمرين ٤: اشرح وظيفة كل من المكونات التالية؟

- عنصر التقوية.
- الجل الذي يوضع داخل الكيبيل.
- الدرع المعدني.
- الغلاف الخارجي.
- الأنبوب الواقعي.

تمرين ٥: اذكر الميزات الإيجابية للكيبيل الشريطي؟

تمرين ٦: وضّح المقصود بمشكلة صدأ الجلفنة وكيفية التخلص منها؟

تمرين ٧: اشرح تأثير الماء ودرجة الحرارة على الكيبيل البصري؟

تمرين ٨: ما الشروط الواجب توافرها في الكيبيلات العسكرية؟

تمرين ٩: وضّح مستعينا بالرسم فكرة الكيبيل المربوط مع الوصلات (Fan-Out Cable)؟

تمرين ١٠: بالرجوع إلى الإنترنت قدم المواصفات العملية والفنية لأنواع الكيبيلات التي درستها؟