

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

А.С. Перин

СВАРКА ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов направления
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Томск
2020

УДК 621.391.1.519.8(075.8)
ББК 32.88-01я73
П274

Рецензент:

Хатьков Н.Д., доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники,
канд. техн. наук

Перин, Антон Сергеевич

П274 Сварка оптических волокон: методические указания по выполнению лабораторной работы / А.С. Перин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2020. – 15 с.

Одним из важнейших шагов при монтаже волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), определяющим параметры и качество ВОЛС, является операция сращивания волокон оптических кабелей. Сварка оптических волокон – наиболее распространенный метод неразъемного соединения. В методических рекомендациях приведены основные теоретические сведения по сварке оптических волокон, подготовке и разделке оптического кабеля. Даны рекомендации по использованию оборудования для сварки оптических волокон на примере автоматического сварочного аппарата FiberFox Mini-4S.

Предназначено для студентов всех форм обучения, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 11.03.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", профиль "Оптические системы и сети связи" по курсу «Проектирование, строительство и эксплуатация волоконно-оптических линий связи».

Одобрено на заседании каф. сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники,
протокол № 2 от 01.10.2020

УДК 621.391.1.519.8(075.8)
ББК 32.88-01я73

© Перин А.С., 2020
© Томск. гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	4
2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	7
3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	10
4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	13
5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	14
6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	15

1 ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: освоение навыков сварки оптического волокна (ОВ) с использованием автоматического сварочного аппарата.

Одной из важнейших операций при монтаже волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), определяющих параметры и качество ВОЛС, является операция сращивания волокон оптических кабелей. В настоящее время для сращивания ОВ используется два способа соединения: разъёмные и неразъёмные. Неразъёмные соединения ОВ осуществляются методом сварки и с помощью механических соединителей.

Соединение ОВ с помощью сварки – наиболее распространенный метод, применяемый на ВОЛС.

Аппараты для сварки оптических волокон – это высокотехнологичные устройства, задача которых заключается в автоматизации комплекса работ — от совмещения торцов волокна до защиты соединения. Современный аппарат для сварки оптических волокон позволяет сращивать волокна всех основных типов:

- одномодовые (G.652, G.657);
- многомодовые (G.651);
- со смещенной областью дисперсии (G.653);
- со смещенной ненулевой дисперсией (G.655).

Современные сварочные аппараты оснащены цветным дисплеем, который позволяет визуально контролировать все этапы сварки оптических волокон. Благодаря встроенным в аппарат видеокамерам оператор может наблюдать за процессом с помощью цветного экрана и полностью контролировать процессы юстировки, стыковки и сварки оптических волокон. Применение в сварочных аппаратах видеосистемы позволяет перед началом сварки визуально контролировать результат центрирования, тип сердцевин, качество торцов и микрозагрязнения свариваемых оптических волокон, а по окончании сварки оценить качество свариваемых соединений. Кроме того, ряд сварочных аппаратов представляет в цифровом виде значение угла скола и сдвиге осей оболочек (сердцевин) волокон до и после сварки, а также расчетное значение потерь в месте сварки. Устройство имеет понятное и удобное меню. Такие аппараты для сварки оптоволокна содержат программы управления сварочным процессом как для основных типов выпускаемых ОВ, так и для оптических волокон специальных типов, а также предусматривают возможность установить дополнительно собственную индивидуальную программу сварки оптоволокна.

В автоматических сварочных аппаратах выравнивание волокон может выполняться по оболочке с их центрированием в V-образном пазу, а также по сердцевине: по профилю преломления волокна (Profile Alignment System, PAS) или максимизацией передаваемого через выравниваемые волокна сигнала (Local Injection and Detection, LID). Данная классификация представлена на рисунке 1.1.

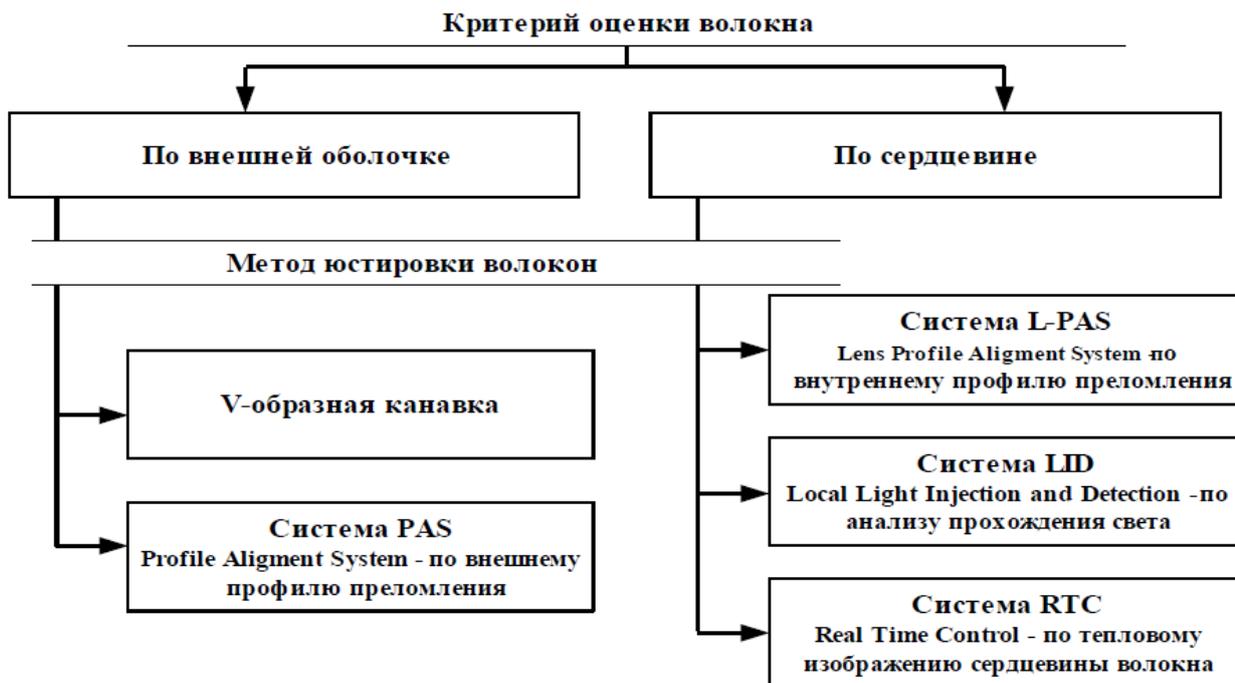


Рисунок 1.1 – Классификация методов юстировки ОВ

Юстировка по оболочке ОВ является пассивным видом, осуществляемым с помощью V-образных направляющих, которые фиксируют концы срачиваемых ОВ. Данный вид юстировки используется преимущественно для сварки оптоволокон на городских и локальных сетях, где высоких требований к вносимым сварным соединением потерям не предъявляется.

Система LID. Принцип работы: оптический сигнал вводится через оболочку (за счет изгиба оптоволокон) одного из срачиваемых ОВ, а принимается – через оболочку другого срачиваемого ОВ. Затем происходит обработка оптического сигнала микропроцессором с последующей обработкой сигналов управления микропроцессора с помощью исполнительных устройств.

Для ввода и вывода сигналов используются ответвители. Недостаток такого подхода состоит в том, что метод LID допускает работу не со всеми типами одномодовых ОВ, не позволяя применять автоматику к волокнам в буферном покрытии 0,9 мм, а использование ответвителя увеличивает риск возникновения скрытых дефектов в ОВ. Однако этот метод позволяет решить проблему, связанную с тем, что силы поверхностного натяжения стремятся совместить оси оболочек, и, следовательно, развести (при наличии в волокнах эксцентриситета) оси сердцевины волокон. Как результат – дополнительные потери на сварном соединении. Поэтому при данном методе предусмотрена коррекция эксцентриситета. Оси волокон предварительно разводятся на такое расстояние, на которое, согласно компьютерному расчету, надо развести оси сердцевины волокон так, чтобы силы поверхностного натяжения совместили их при сварке.

Система PAS. В большинстве аппаратов применяется система выравнивания волокон по изображению в параллельном пучке света – PAS система.

При таком методе юстировки волокна освещаются сбоку параллельным пучком света так, что из-за разницы показателей преломления оболочка и сердцевина фокусируют свет, действуя как цилиндрические линзы. При этом формируется изображение, на котором видны границы сердцевины и оболочки волокна, что позволяет определить эксцентриситет в каждом из волокон.

Анализ изображения линии, выполняемый с помощью видеокамеры и встроенного контроллера сварочного аппарата, позволяет осуществить юстировку ОВ. Одновременно контроллер системы управления аппарата оценивает качество скола торцевой поверхности волокон и в случае выявления каких-либо дефектов прекращает процесс сварки. Она используется и для грубой юстировки, и для тонкой подстройки волокон.

Для быстрого перехода от одного режима сварки к другому во всех автоматических сварочных аппаратах встроены программы сварки стандартных оптических волокон. Для задания иного режима предусмотрено запоминание установленных параметров, которые затем доступны при сварке аналогичных волокон, что ускоряет проведение сварочных работ.

В современных сварочных аппаратах управление процессом сварки производится с учетом контролируемых параметров внешней среды (влажность, температура, атмосферное давление и др.).

Существует множество факторов, влияющих на процесс сварки:

- самоцентрирование (влияние сил поверхностного натяжения расплава стекла);
- эксцентриситет сердцевины оптоволокна;
- качество поверхности торцов ОВ;
- качество подготовки оптоволокна (наличие/отсутствие микротрещин);
- чистота V-образных ложементов ОВ (отсутствие загрязнений);
- термические характеристики оптоволокна;
- качество электродов.

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для разделки оптического кабеля, как и для сварки, требуется ряд специфических инструментов. В работе будет применяться специализированный набор инструментов FIS F10053 (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Комплект инструментов FIS-F1-0053

Комплектация набора инструментов FIS-F1-0053:

1. Изоляционная лента ПВХ;
2. Стриппер буферного слоя, оптический;
3. Устройство для чистки оптических коннекторов;
4. Ножницы для резки кевлара;
5. Стриппер для снятия защитной оболочки 0,4 – 1,3 мм;
6. Стриппер прищепка для продольного и поперечного реза модуля до 3,2 мм;
7. Стриппер с крюком для снятия внешней изоляции кабеля 4,5 – 28,5 мм;
8. Кусачки-бокореzy;
9. Палочки для чистки оптических портов 2,5 мм;
10. Безворсовые салфетки;
11. Нож;
12. Пинцет;
13. Длинногубцы;
14. Проволочки для удаления обломков волокна из сердцевины коннекторов;
15. Отвертка универсальная;
16. Маркер черный;
17. Защитные очки;
18. Подложка – коврик;

19. Контейнер для сбора остатков сколотых волокон;
20. Линейка;
21. Рулетка;
22. Гаечный ключ-отвертка 1/2";
23. Маркировочные этикетки;
24. Кейс для транспортировки;
25. Термоусадочные защитные трубки КДЗС.

Комплект оборудования для сварки:

Автоматический сварочный аппарат FiberFox Mini-4S – это современное оборудование корейской компании FiberFox, предназначен для сварного соединения оптических одномодовых и многомодовых волокон (рисунок 2.2). Прибор оснащен механизмом сведения волокон по технологии DAA (Digitalized Active Alignment), системой точного мониторинга потерь и режимом автоматической калибровки дуги.



Рисунок 2.2 – Комплектация сварочного аппарата FiberFox Mini-4S

Комплектация сварочного аппарата FiberFox Mini-4S приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Комплектация автоматического сварочного аппарата FiberFox Mini-4S

Наименование	Количество
Сварочный аппарат Mini-4S	1 шт.
Скалыватель Mini 50G	1 шт.
Сетевой шнур	1 шт.
Зарядное устройство	1 шт.
Аккумуляторная батарея	2 шт.
Запасные электроды	1 пара.
Лоток для охлаждения КДЗС	1 шт.
Держатели для волокна	1 пара.
Кейс для переноски	1 шт

На рисунке 2.3 приведено изображение внешнего вида сварочного аппарата.

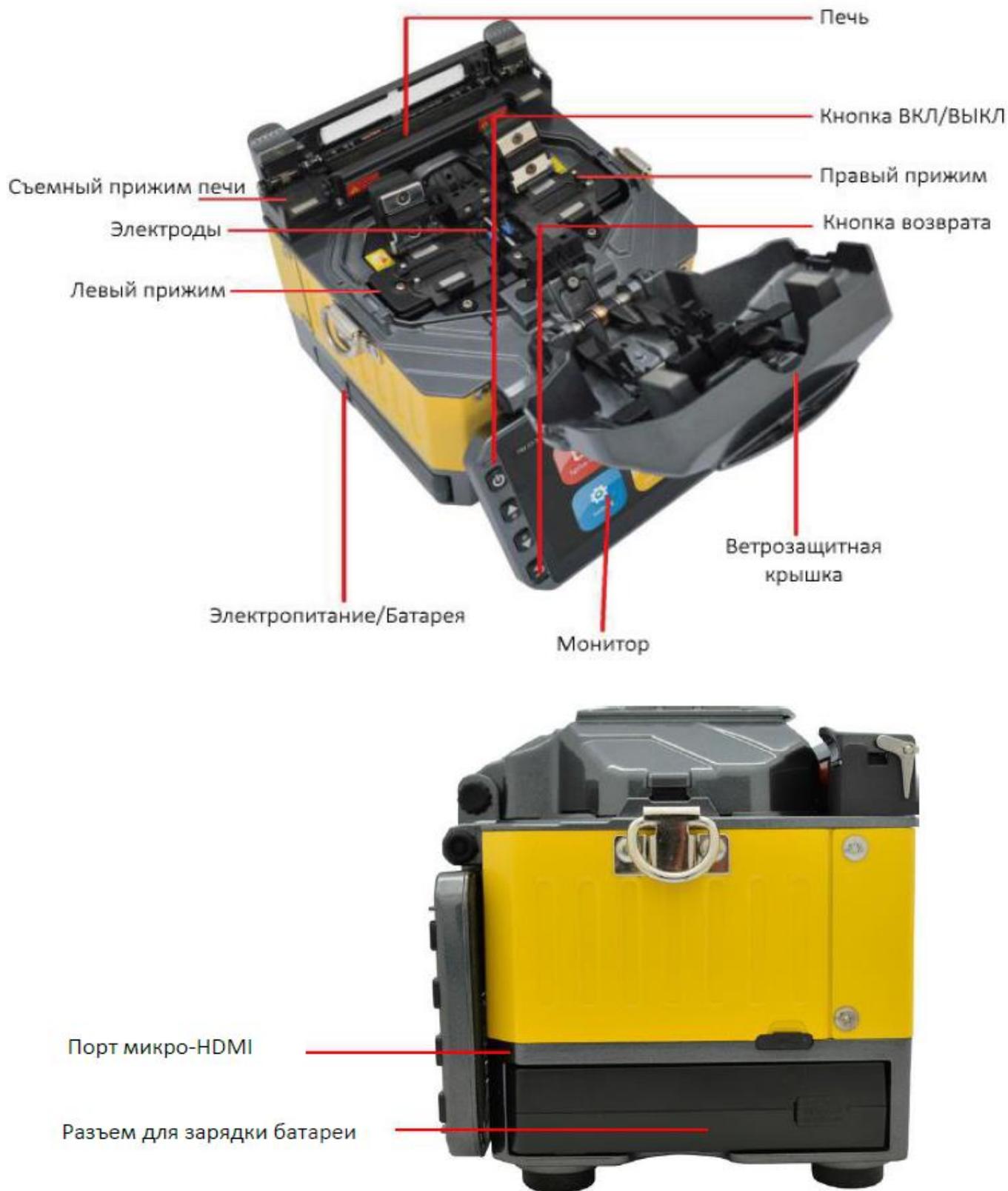


Рисунок 2.3 – Внешний вид сварочного аппарата FiberFox Mini-4S

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Подготовка оптического кабеля:

1) Если кабель длительный промежуток времени находился в условиях сырости либо его торец не был гидроизолирован, то, если позволяет запас, с помощью ножовки нужно отрезать приблизительно 1 м данного кабеля. Это обусловлено тем, что продолжительное воздействие влаги оказывает отрицательное влияние на оптические волокна (могут помутнеть), а также на иные элементы кабеля.

2) Если в конструкцию кабеля входит трос для подвески (такой кабель в поперечном сечении выглядит в форме цифры «8»: нижняя часть – кабель, верхняя – трос), то его выкусывают кусачками-бокоредами и срезают ножом.

Важно! В момент срезания троса не повредите кабель!

3) Внешнюю оболочку кабеля снимают соответствующим стриппером. С его помощью делается круговой разрез на оптическом кабеле, а от него затем – параллельно два разреза с противоположных сторон кабеля в сторону его конца, чтобы внешняя кабельная оболочки распалась на две половинки (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Снятие внешней оболочки кабеля ножом-стриппером

Важно! Перед разделкой кабелей важна правильная регулировка длины лезвия стриппера. Если лезвие будет слишком коротким, то внешняя оболочка кабеля на две половинки легко не распадется. Если же лезвие будет слишком длинным, то есть опасность повреждения модулей в кабеле или затупления лезвия о металлическую броню.

4) В случае разделки самонесущего кабеля с кевларом, последний срезают кусачками-бокоредами или специальными ножницами с керамическими лезвиями. Это обусловлено тем, что кевлар довольно быстро затупляет металлические лезвия.

Кабель для прокладки в телефонной канализации, имеющий в качестве брони только металлическую гофру, можно продольно разрезать с помощью специального инструмента – ножа, но делать это нужно очень аккуратно. В случае если кабельная броня состоит из круглых проволок, их целесообразно откусывать с помощью кусачек небольшими партиями от 2 до 4 проволок.

5) Для снятия внутренней тонкой оболочки, которая есть в некоторых кабелях, используется отдельный стриппер с правильно выставленной длиной лезвия. Эта длина будет меньше, чем в ноже для снятия внешней кабельной оболочки, так как данная

внутренняя оболочка значительно тоньше и, кроме того, под ней расположены уже сами модули с оптическими волокнами.

6) С помощью салфеток и жидкости для удаления гидрофобного заполнителя удаляются нитки, пластмассовая пленка, другие вспомогательные элементы. Гидрофоб удаляется растворителем. Это токсичная жидкость, которая при отсутствии перчаток и попадании на руки тяжело с них смывается. Для последующей операции по сварке волокон требуется чистота рук и рабочего места. Поэтому пользоваться растворителем рекомендуется в перчатках. Удалив нитки и разделив жгут модулей на отдельные модули, нужно каждый из них протереть салфеткой либо ветошью, а затем также спиртом до чистого состояния.

7) Стрипером для модулей каждый модуль на нужной длине надкусывается, после чего он легко стягивается с волокон. Модули-пустышки выкусываются под корень, главное быть точно уверенным, что в них нет волокон.

Важно! Важным является правильный выбор диаметра выемки для надкусывания модуля: при выемке большего диаметра модуль не надкусится до состояния, в котором его будет легко снять; при выемке меньшего диаметра существует риск повреждения находящихся в модуле волокон. Также в момент надкусывания одного из модулей активной помехой будут другие модули, которые нужно придерживать рукой. В связи с этим рекомендуется, при наличии возможности, разделку производить вдвоем. Если кабель имеет один модуль в виде жесткой пластиковой трубки, то для нормального снятия такого модуля нужно надрезать его по кругу с помощью маленького трубореза (если входит в комплект поставки), а после этого с осторожностью надломить в месте круговой риски. В момент стягивания модулей нужно оценить целостность волокон и то, что из стянутого модуля не торчит ни одно из волокон. В отдельных случаях (низкая температура, мало гидрофоба, большая длина модуля) стягивание модуля может осуществляться с усилием. Но тянуть сильно ни в коем случае нельзя, так как даже если волокна не порвутся, то растяжение может оказать влияние на их затухание в данном месте. В этом случае рекомендуется модуль надкусывать и снимать в несколько приемов и медленно.

Также следует обращать внимание на длину волокон при разделке кабеля. Она не должна быть меньше, чем указана в инструкции (в основном от 1,5 до 2 м). Меньшая длина волокон нежелательна, так как при укладке не будет возможности маневра, чтобы красиво уложить волокна в кассету.

8) Волокна нужно тщательно протереть. Сначала они протираются с помощью сухой безворсовой салфетки, а затем салфетками, смоченными в спирте (изопропиловом или этиловом). Именно данный порядок является верным, так как при первом протирании на салфетке остается большая капля гидрофоба, и спирт тут не нужен, а далее на последующих салфетках используется спирт для растворения остатков гидрофоба. Сам спирт быстро испаряется с волокон.

Важно! Для качественной последующей сварки чистота и целостность волокон имеют огромное значение. Нужно посмотреть, не повреждено ли их лаковое покрытие, нет ли грязи и сломанных частей. В противном случае можно создать себе в последующем дополнительную работу по разварке и переразделке.

9) Далее на разделанные кабели необходимо надеть специальные клеевые термоусадки, зачастую входящие в комплект оптической муфты. В случае если муфтой предусматривается зажим кабеля в сырой резине с герметиком, термоусадка не требуется.

Важно! Не забывайте надеть термоусадку. Когда оптическая муфта сварена, данная термоусадка надвигается на патрубок данной муфты и усаживается с помощью газовой горелки (паяльной лампы, промышленного фена). Этим обеспечивается герметичность ввода кабеля и его дополнительная фиксация.

Подготовка сварочного аппарата:

1) Включить Сварочный аппарат Mini-4S;

2) После загрузки программного обеспечения на дисплее отобразится меню управления (рисунок 3.2);

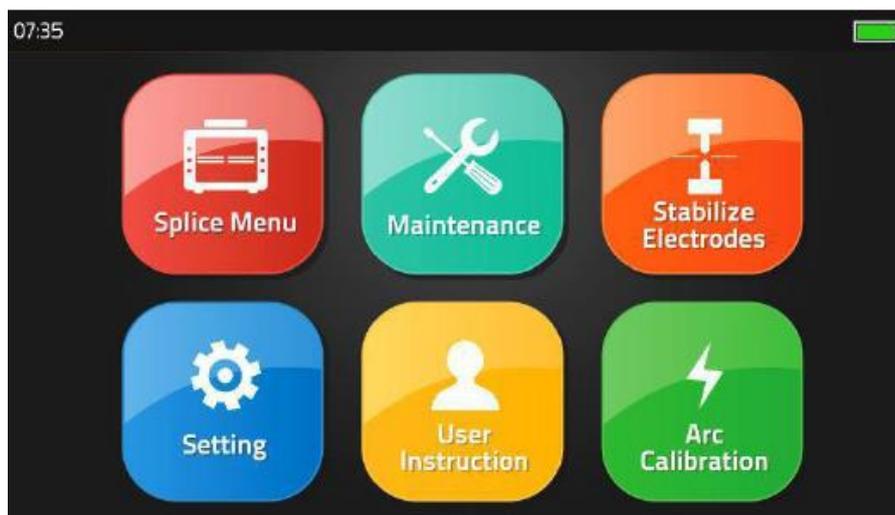


Рисунок 3.2 – Меню управления сварочного аппарата FiberFox Mini-4S

3) В меню сварки (Splice Menu) необходимо выбрать (Select Splice Mode) необходимый режим сварки волокна и режим печи;

4) Выйти из главного меню;

5) Установить ОВ в держатели на рабочем столе сварочного аппарата (открыть фиксаторы волокна, уложить волокна в V-образные канавки);

6) Опустить фиксаторы волокна, закрыть защитную крышку;

7) Запустить программу сварки. Аппарат самостоятельно производит сведение оптических волокон, а затем их сваривает при помощи разряда электрической дуги;

8) Вынуть ОВ из держателей и выполнить операцию термоусадки;

Для термоусадки применяются полиэтиленовые (ПЭТ) гильзы КДЗС, изготовленные из термоусаживаемого ПЭТ.

Гильза КДЗС при нагреве в специальной печи термоусаживается, при этом герметизируется сварной шов, находящийся внутри. Внутри гильзы КДЗС установлен металлический стержень, который защищает сварной шов от механических нагрузок и сгибов.

Нагрев осуществляется в специализированном нагревателе (печке) с тефлоновым покрытием, чтобы ПЭТ КДЗС "не пригорали".

Снимаем только что сваренное ОВ с рабочего стола аппарата. Но, буквально сразу же, открывая ветрозащитную крышку, слышим срабатывание системы механической проверки прочности сварного шва. ОВ подвергаются дозированному натяжению для проверки прочности выполненной сварки.

Укладываем сварной шов в печь для термоусадки. Закрываем крышку печи, слегка надавливая на концы ОВ у границ сварного шва. Операция термоусадки начинается.

Во всех аппаратах FiberFox Mini 4S используется высокопроизводительная печь, позволяющая монтировать КДЗС за минимальные 18 секунд.

По окончании процесса термоусаживания, мы слышим характерный сигнал. Этим наш сварочный аппарат Fiber Fox дает понять, что термоусадка закончена.

4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Цель работы, краткие сведения о методах сращивания ОВ;
2. Описание принципа работы автоматического сварочного аппарата и методики сварки ОВ;
3. Результаты измерений затухания сваренных ОВ;
4. Ответы на контрольные вопросы.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие существуют способы соединения оптического волокна?
2. Какой способ используется в настоящее время? Почему?
3. Какие типы оптических волокон вы знаете?
4. Опишите последовательность действий при сварке ОВ.
5. Что может повлиять на качество сварки ОВ?

6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматический сварочный аппарат FiberFox Mini-4S. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fiberfox.co.kr/pds/4Smanual.pdf>