

О принципах работы аппаратов для сварки волокон (часть I)

Введение

Думаю, что большинство связистов хоть раз в жизни пробовали сварить между собой два оптических волокна (ОВ) или, по крайней мере, видели, как это делается. Монтажники связи сталкиваются с задачей сварки ОВ практически каждый день, однако это еще не означает, что каждый делает это правильно (здесь имеется в виду не только соблюдение технологий, но и оптимальная последовательность всех выполняемых действий, сводящая к минимуму число совершаемых "телодвижений" и соответственно обеспечивающая высокую скорость работы с надлежащим качеством).

Действительно настоящих профессионалов по сварке ОВ не так уж много – еще меньше тех, кто знает, как работает сварочный аппарат: по каким алгоритмам действует, как распознает составляющие оптического волокна, как выравнивает ОВ и т.д. От того, какие технологии используются в конкретной модели сварочного аппарата, зависит очень многое. Например, качество сварного соединения во многом определяется используемой технологией юстировки ОВ. Поняв принцип работы сварочного аппарата, можно быстро разобраться, например, из-за чего аппарат выдает ошибку или вовсе не работает и быстро это устранить.

Пару слов о новой модели Fujikura

Сегодня на слуху уже более десятка фирм производителей сварочных аппаратов (разнообразие этого списка с недавнего времени стали активно пополнять [китайцы](#) и [корейцы](#)), однако по сей день вектор развития или, так сказать, моду на устройства задает тройка японских братьев – [Fujikura](#), Sumitomo и Furukawa (аппараты под маркой [Fitel](#)).

Среди данной тройки наибольшие заслуги имеет фирма Fujikura, образованная еще в 1885 году братьями Зенпачи и Томекичи Фуджикура. Они заработали свой первый капитал на производстве украшений для волос – шнурах и резинках, и затем переключились на производство изоляции электрических проводов, поскольку процесс изготовления был схож.

Последняя модель аппарата Фуджикуры [FSM-80S](#) очередной раз продемонстрировала нам новые тенденции развития сварочных аппаратов. Примечательно, что эта модель в России и Китае идет под названием FSM-80S, а в странах Европы – FSM-70S. Модель одна и та же, отличаются аппараты только цветом корпуса. Можно провести следующий любопытный эксперимент: зайти на официальный сайт Fujikura, в англоязычной форме сайта перейти в [раздел сварочного оборудования](#). Вы увидите, что среди моделей аппаратов последней будет FSM-70S. Если переключиться на русскоязычную форму сайта – последней моделью будет FSM-80S. С чем это связано, трудно сказать, возможно, какой-то маркетинговый ход или защита от контрафактных поставок. Если сравнивать характеристики FSM-70S и FSM-80S, то они идентичны. Единственное, что в мануале 80-ки указывается возможность создания искусственного аттенюатора с затуханием до 15 дБ, а в мануале 70-ки этого пункта нет.

На рис. 1.1 изображены FSM-70S и FSM-80S, можно поиграть в игру "найдите 10 отличий". Как видно, для Европы модель идет в голубом корпусе.



а) аппарат для Европы



б) аппарат для России и Китая

Рис. 1.1 – Внешний вид аппаратов Fujikura FSM-70S и FSM-80S

О технологиях юстировки оптических волокон

В принципе, сплавить разрядом вольтовой дуги два оптических волокна большого труда не составляет. Температура электрической дуги в сварочном аппарате достигает 4800°C – температура размягчения кварцевого стекла 1400°C , а температура плавления примерно 1665°C . Сложность процесса сварки ОВ заключается именно в точном сведении ОВ во всех трех плоскостях (рис. 1.2а). Необходимо добиться того, чтобы они не просто совпали по оболочке, а чтобы совпали их сердцевины ("совпали их сердца") – "светонесущие жилы" (рис. 1.2а). Поскольку именно по сердцевине передается информационный сигнал и именно из-за расхождения сердцевин в месте соединения ОВ часть оптического излучения попадает в оболочку и далее либо затухает, либо уходит в окружающее пространство. В связи с этим в месте стыка ОВ образуются потери мощности информационного сигнала.



а)

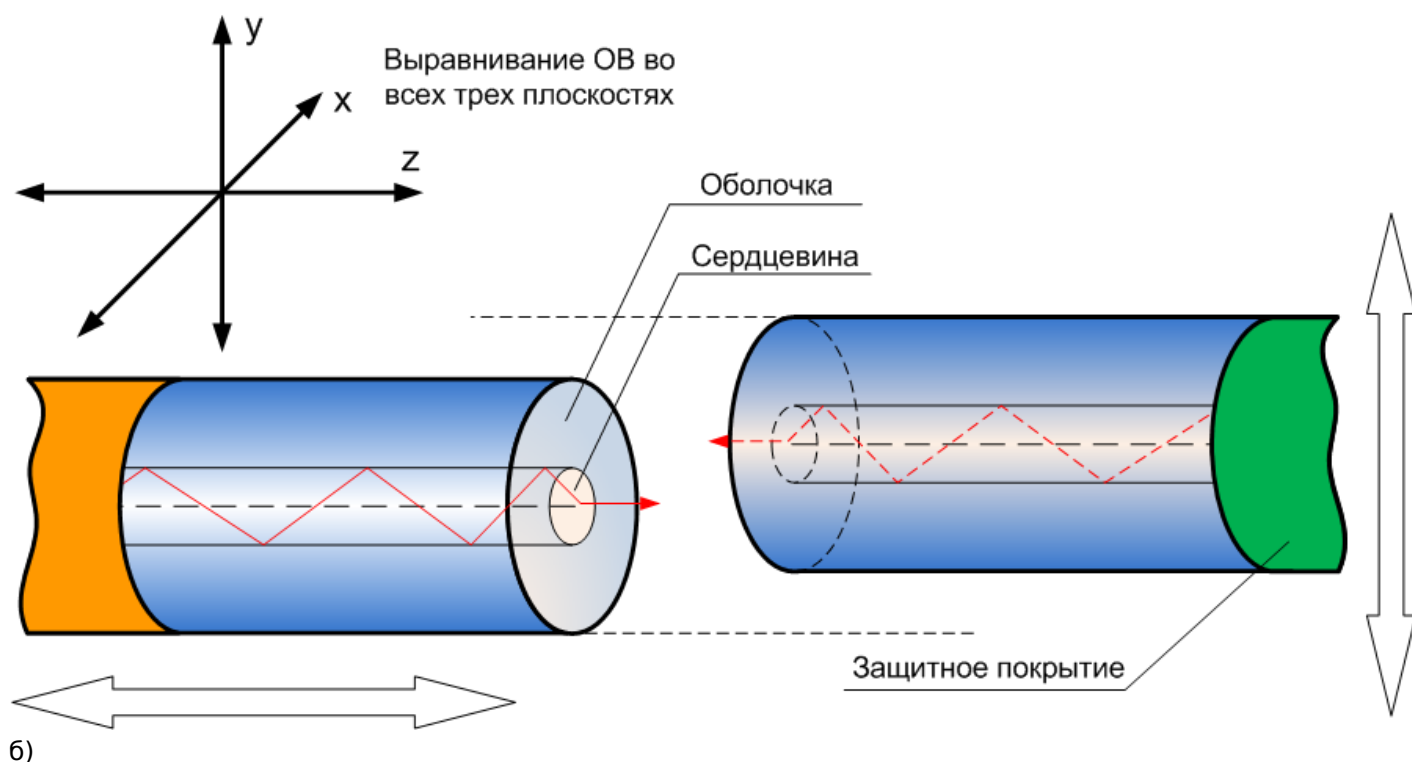


Рис. 1.2 – К пояснению задачи юстировки ОВ: а) фотография под микроскопом волокон подлежащих юстировке; б) схематичное изображение этого процесса.

Никогда не задумывались, почему одна модель сварочного аппарата одной и той же фирмы стоит значительно дороже другой модели? Например, у фирмы Fujikura FSM-60S стоит значительно дороже, чем FSM-18S. Нет, это не из-за того, что FSM-18 более старая модель, а 60-ка – более новая. Все дело в том, что в этих сварочных аппаратах используется разная технология юстировки ОВ. Именно сложность используемой в аппарате технологии выравнивания ОВ напрямую влияет на его стоимость.

На сегодняшний день разработаны 4 основных принципа выравнивания ОВ, также существуют различные их модификации. В разных источниках некоторые методы называются по-разному, но их принцип действия один и тот же. Стоит отметить, что на российском рынке встречаются аппараты, работающие только по двум технологиям: по методу выравнивания по V-образной канавке и по методу выравнивания по профилю показателя преломления (метод PAS).

Помимо этих двух методов существует также метод LID, основанный на вводе излучения в одно ОВ и его последующего детектирования во втором ОВ и метод юстировки по тепловизионным изображениям (RTC метод). Метод LID был разработан компанией Siemens в 1984 г. и после выкуплен фирмой Corning. Поэтому данный метод используется в американских сварочных аппаратах фирмы Corning, например, в Corning OSLID-OSM-T-H, в Corning OS1-OSM-T-H-BK (рис. 1.3). Существует также усовершенствованный вариант метода PAS, называемый L-PAS (Lens Profile Alignment System), применяемый в тех же аппаратах Corning для грубой юстировки ОВ.



б) OSLID-OSM-T-H



а) OS1-0SM-T-H-BK

Рис. 1.3 Американские сварочные аппараты

Метод юстировки по тепловизионным изображениям используется в малоизвестных аппаратах шведской компании Ericsson. На рис. 1.4 представлен аппарат данной фирмы Ericsson FSU 15. Также по данному методу работают несколько моделей компании Corning.



Рис. 1.4 – Сварочный аппарат Ericson FSU 15 FI

Также, следует вспомнить о методе DACAS (Digital Analysis Core Alignment System) – системе выравнивания ОВ по сердцевине с применением методов цифровой обработки. Этот метод упоминается в характеристиках аппаратов INNO. Однако описание данного метода нигде не встречается, даже нет краткого пояснения его принципа. Скорее всего, это тот же метод PAS только с применением каких-либо дополнительных программных алгоритмов обработки изображения.

Далее мы акцентируем наше внимание на двух методах выравнивания: по V-образной канавке и по профилю показателя преломления (PAS), поскольку модели сварочных аппаратов, представленные на российском рынке, работают именно по ним.

Метод выравнивания по оболочке в V-образной канавке

По легкости исполнения данный метод на голову выше всех остальных. Он был разработан еще в 1977 г. в компании Fujikura. Метод не требует множества шаговых двигателей, способных смещать ОВ вправо/влево, вверх/вниз, не требует сложной системы управления этими двигателями. Поэтому его часто называют пассивным методом выравнивания. Сварочные аппараты, использующие данный метод юстировки, давно уже заняли определенную нишу и отлично подходят для тех ситуаций, когда к сварному стыку не предъявляют высоких требований по вносимым потерям.

Суть метода следующая. Два волокна укладываются в точно выровненные друг относительно друга V-образные канавки и фиксируются специальными зажимами (рис. 1.5).

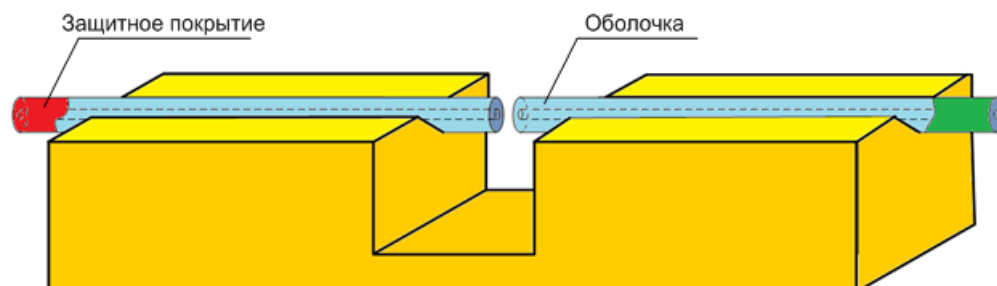


Рис. 1.5 К пояснению метода выравнивания по V-образной канавке

Поскольку канавки по высоте находятся на одном уровне, два волокна оказываются также на одном уровне. Остается только их сдвинуть поближе друг к другу и можно начинать процесс сплавления. Ничего проще, кажется, придумать нельзя. Однако по известному закону жизни за простоту нам приходится платить качеством. Во-первых, волокна не будут лежать ровно, если в V-образную канавку попадет, так скажем, пылинка или частичка чего-либо (остатки защитного покрытия волокна, гидрофоб, ворсинка и т.д.). Во-вторых, канавки выравнивают волокна, однако совпадение волокон по оболочке не гарантирует точного совпадения их сердцевин. Дело в том, что при производстве оптического волокна, как и любом другом производстве, существуют допуски на нормативные значения (таблица 1). Кроме того, несовпадение сердцевин происходит вследствие эксцентриситета и некруглости оболочки.

Параметр	Величина	
Диаметр сердцевин	диапазон номинальных значений	8.6-9.5 мкм
	допуск	± 0.6 мкм
Диаметр оболочки	номинальное значение	125 мкм
	допуск	± 1 мкм
Эксцентриситет	максимальное значение	0.6 мкм
Некруглость оболочки	максимальное значение	1.0 %

Таблица 1. Параметры одномодового волокна согласно рекомендации G.652.D

В связи с перечисленными факторами, потери на сварном соединении для стандартных одномодовых волокон при таком методе выравнивания в среднем составляют 0.05 дБ. Сварочные аппараты такого класса находят свое применение в тех случаях, когда к сварному стыку не предъявляют высоких требований по вносимым потерям, и покупка дорогого сварочного аппарата нецелесообразна. К таким случаям относятся сети операторов связи небольшой протяженности: сети доступа, локальные компьютерные сети, структурированные кабельные системы офисов и т.д. Аппараты данной серии: Fujikura FSM-11S, Fujikura FSM-18S, ILSINTECH Swift-F1 (F2,F3), Sumitomo Type 25 и др.

В следующей части мы рассмотрим метод PAS, позволяющий произвести выравнивания ОВ по сердцевине. В заключение приведены несколько интересных фотографий.

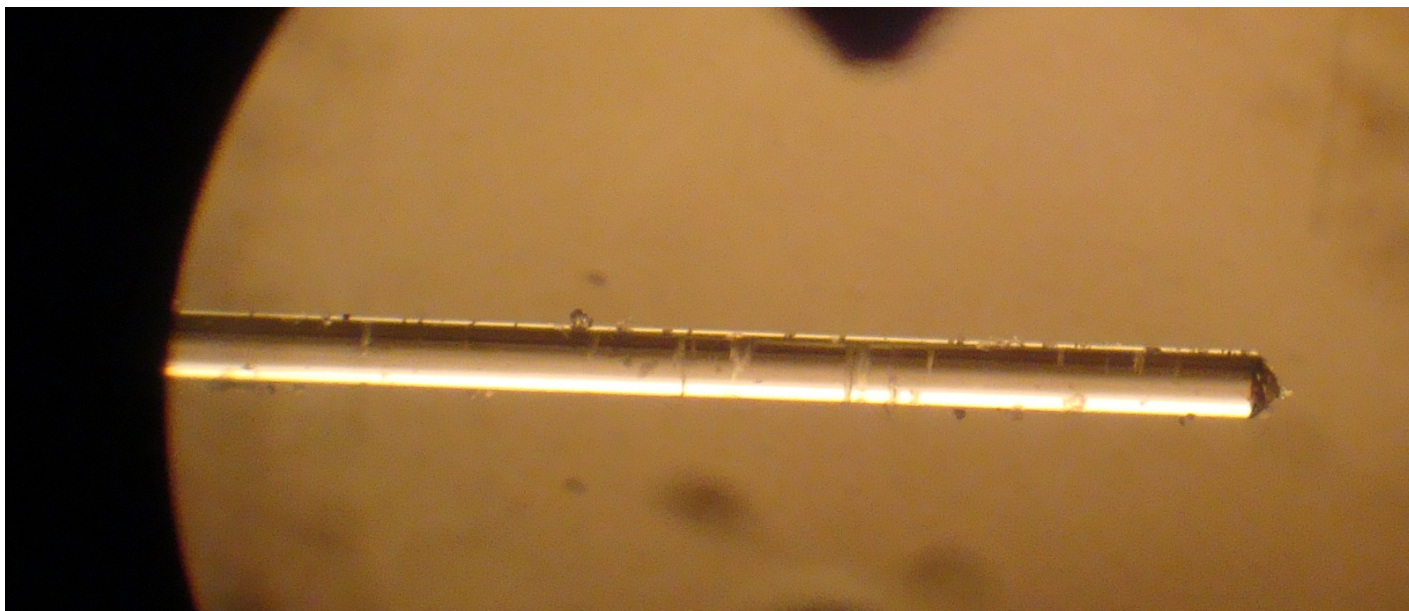


Рис 1.6. ОВ с микротрещинами

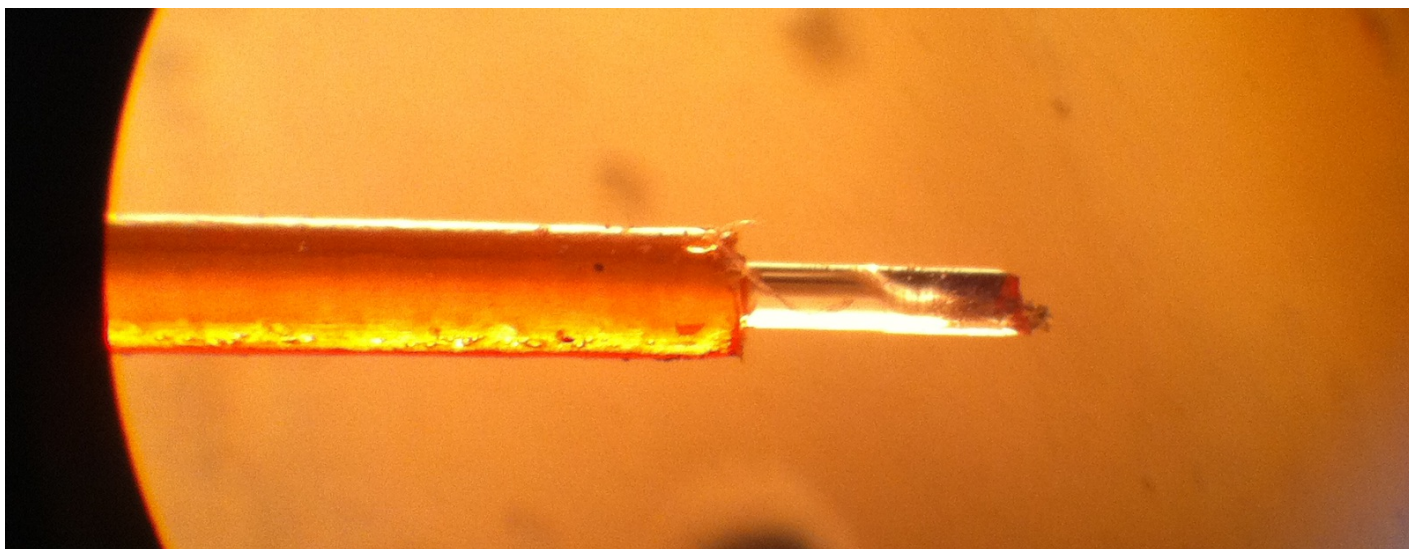


Рис 1.7. Защитное покрытие и оболочка