

# ПРОИЗВОДСТВО СТАЛЬНЫХ ТРУБОК С ОПТИЧЕСКИМИ ВОЛОКНАМИ ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ, ВСТРОЕННЫХ В ГРОЗОЗАЩИТНЫЙ ТРОС

**Ф. Хартен**, управляющий директор  
Nexans Deutschland Ind. GmbH & Co. KG

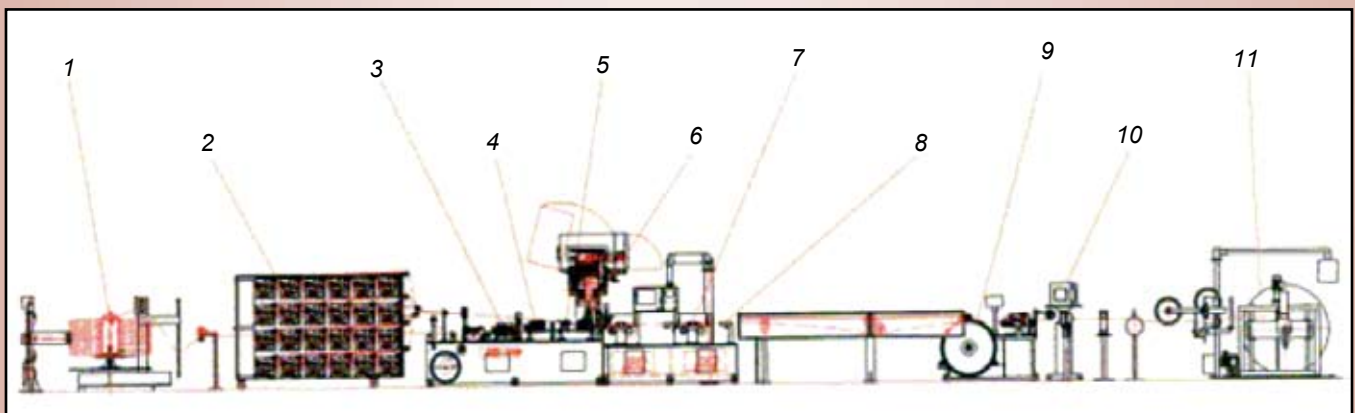
Высокое качество оптических кабелей, встроенных в грозозащитный трос, типа OPGW (Optical Power Ground Wire) во многом определяется уровнем технологии производства трубок из нержавеющей стали с размещенными в них оптическими волокнами. Такие трубки с оптическими волокнами в международной практике известны под аббревиатурой FIST (Fibers in Steel Tubes). За последние 10–15 лет кабели типа OPGW получили широкое распространение. Наилучшие характеристики этих кабелей достигаются при применении в качестве материала трубок из нержавеющей стали. Для изготовления трубок с размещенными в них оптическими волокнами используется метод продольной лазерной сварки стальных лент, который в настоящее время уже является стандартным. Используя преимущества лазера как источника нагрева и плавления шва и сочетая возможности полунепрерывной и непрерывной подачи ленты, можно обеспечить производство трубок FIST большой длины. Линия для изготовления таких трубок в комбинации с сис-

темой, позволяющей получить требуемый избыток длины оптического волокна, предназначена для производства широкой номенклатуры стальных трубок FIST, представляющих собой оптический сердечник кабелей типа OPGW. Размещенные в сердечниках оптические волокна находятся в среде тиксотропного геля, являющегося обязательным материалом для практически всех типов оптических кабелей, предохраняющим волокна от увлажнения при возможном повреждении кабелей или их арматуры.

На рис.1 показана принципиальная схема линии для производства трубок типа FIST.

Хотя процесс производства и начинается со стальных лент, основной частью конструкции трубок FIST являются оптические волокна.

Тиксотропный гель обволакивает волокна и заполняет пространство между волокнами по всему внутреннему объему трубок при избыточном давлении. Этот гель выполняет две функции, одна из которых – поглощать все остатки воздуха и газов, образующихся при сварке внутри трубки. Вторая



**Рис.1.** Принципиальная схема линии для производства стальных трубок с оптическими волокнами:  
1 – отдающее устройство для стальной ленты; 2 – отдающее устройство для оптических волокон;  
3 – устройство для обрезки кромок ленты; 4 – узел формования стальной трубки; 5 – узел для заполнения стальной трубки тиксотропным гелем; 6 – узел лазерной сварки ленты; 7 – гусеничное тяговое устройство;  
8 – узел обжатия стальной трубки; 9 – узел обеспечения избыточной длины оптического волокна в стальной трубке; 10 – прибор контроля качества сварного шва; 11 – приемное устройство для стальных трубок с оптическими волокнами.

функция, как уже отмечалось, – обеспечивать продольную водонепроницаемость кабеля.

Оптические волокна в среде геля имеют определенную степень свободы в составе конструкции кабеля типа OPGW, что необходимо для защиты от действия внешних сил и неблагоприятных внешних условий.

Трубка из нержавеющей стали обеспечивает внешнюю защиту волокон, так как обладает высокой стойкостью к ударам, которая необходима как в процессе производства кабеля, так и в процессе его эксплуатации.

Для обеспечения непрерывного производства трубок FIST должна использоваться непрерывная подача стальной ленты. Поскольку рулоны ленты имеют ограниченные длины, для получения требуемой длины трубок концы лент нескольких рулонов должны быть соединены поперечной сваркой. Такая поперечная сварка выполняется на сварочном оборудовании, которое не встраивается в основную производственную линию. За счет этого предотвращается любое неблагоприятное воздействие процесса поперечной сварки на основной непрерывный производственный процесс. Оборудование для поперечной сварки лент снабжено планшетным магазином, заполняемым несколькими рулонами ленты, которые свариваются между собой встык. Отдающее устройство для ленты состоит из приводного поворотного стола, на котором устанавливается сменный планшетный магазин, заполненный несколькими рулонами ленты. С помощью сложного направляющего и управляющего скоростью устройства лента подается в производственную линию. Поскольку поперечная сварка лент не включена непосредственно в процесс работы самой линии, эта сварка может выполняться с большой тщательностью и последующим контролем качества сварки.

### Отдающее устройство для оптических волокон

Отдающее устройство агрегата рассчитано на установку 24-х стандартных катушек с оптическим волокном.

Натяжение волокна может регулироваться в пределах 0,2–1,4 Н. Количество отдающих устройств зависит от количества оптических волокон в стальной трубке, то есть от конструкции оптического кабеля, который должен изготавливаться на заводе. Стандартная компоновка линии предусматривает 2 отдающих устройства для оптических волокон и обеспечивает введение в сварочную трубку до 48-ми волокон. В таблице приведены характеристики трех конструкций трубок FIST и обеспечиваемые при их производстве показатели полунепрерывного технологического процесса.

Из данных таблицы следует, что линейная скорость при производстве трубки FIST зависит от диаметра трубки и скорости сварки. Минимальный наружный диаметр производимой трубки составляет 2,0 мм.

### Узел формирования и заполнения стальной трубки

Как уже указывалось, трубка формируется из стальных лент. Формирование трубки из нержавеющей стали происходит в двух секциях. В первой секции производится подготовка кромок ленты к лазерной сварке и начинается формирование из ленты заготовки, имеющей V-образную форму. В прижимном инструменте имеется окно, которое используется для введения оптических волокон, тиксотропного геля и подачи сварочного газа. Во второй секции узла стальная лента формируется в круглую форму. Конструкция вводного сопла, запатентованная фирмой, такова, что тиксотропный гель не оказывает влияния на зону сварки, а тепло, выделяющееся при сварке, не воздействует на оптическое волокно. В то же время конструкция вводного сопла позволяет заполнить зону сварки сварочным газом.

### Лазерная сварка трубки

Узел сварки трубки FIST показан на рис. 2.

Для сварки используется лазер на CO<sub>2</sub>. Применяемая в производственной линии технология сварки является сваркой с ограниченной проводимостью, которая оптимизирована для производства трубок

Таблица

### Характеристики технологического процесса при производстве трубок стальных типа FIST

Параметры производства	Тип 1	Тип 2	Тип 3
Наружный диаметр трубки после сварки, мм	2,0	3,6	5,5
Количество волокон в сваренной трубке	1	24	48 (60)
Толщина стенок из нержавеющей стали, мм	0,15	0,2	0,3
Длина стальной ленты для обеспечения полунепрерывного процесса производства, м	35 000	35 000	35 000
Скорость сварки, м/мин	15,0	12,0	9,0
Окончательный диаметр трубки, мм	1,2	2,5	4,1
Скорость производства, м/мин	25,0	17,3	12,1
Общая возможная длина производимой трубки, м	58 300	50 400	47 000





Рис. 2. Узел сварки трубки FIST.

малого диаметра с тонкими стенками. Очень тонкий сварочный шов обеспечивается с помощью данной технологии сварки, требующей точного направления кромок свариваемой ленты под пятно лазера.

Очень немногие производственные линии работают с использованием технологии сварки с использованием вольфрамового электрода в инертном газе (T.I.G. – Tungsten Inert Gas), которая имеет ограничения по времени простоя из-за объема загрязнения и смазки на ленте.

Процесс лазерной сварки можно разделить на два возможных типа (рис. 3). Первый тип – это сварка с ограниченной проводимостью, при которой лазерный луч поглощается поверхностью стальной полосы, то есть поверхность расплавленной зоны сварки поглощает весь лазерный луч и передает энергию в материал только за счет теплопроводности. Вторая возможность – это так называемая сварка «в форме

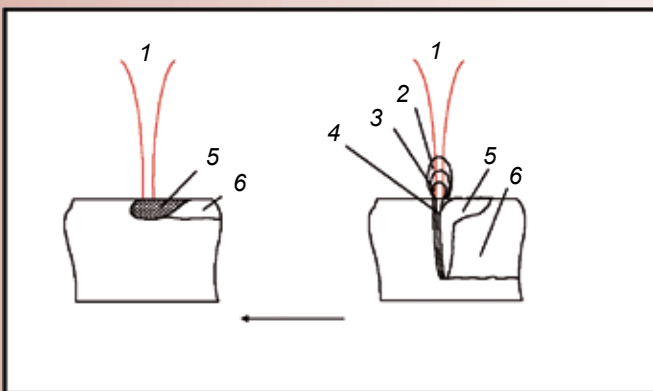


Рис. 3. Принципы процесса лазерной сварки: 1 – лазерный луч; 2 – пары металла; 3 – индуцированная лазером плазма; 4 – паровой плазменный канал; 5 – зона сварки (жидкая); 6 – зона сварки (твердая).

замочной скважины», когда в емкости расплава прожигается паровой канал за счет очень высокой плотности поглощаемой энергии в расплавленном материале. Энергия лазерного луча поглощается в гораздо большей степени внутри данного парового канала, чем в процессе сварки с ограниченной проводимостью.

Стандартной технологией, применяемой для сварки трубок из нержавеющей стали с толщиной стенок менее 1 мм, является процесс сварки с ограниченной проводимостью благодаря высокой стабильности процесса и низкому сходству света лазерного луча, проникающего в стальную трубку, и света, повреждающего оптическое волокно.

### Гусеничное тяговое устройство

Гусеничное тяговое устройство (рис. 4) снабжено разрезными зажимами, которые имеют 28 пар вставок, соответствующих диаметру трубки. Контактное давление зажимов может регулироваться так, чтобы на трубке не имелось малейших следов обжатия в зажимах.

Комбинация высокоточного формирующего инструмента и гусеничного тягового устройства с разрезным зажимом, который обеспечивает заданные допуски размеров шва, делают ненужными отдельные устройства для нахождения и фиксации шва в процессе производства.

### Гофрирующее устройство

Если необходимо выпускать гофрированные трубки малых размеров (CMT – Corrugated Micro Tubes), в производственную линию вместо выходного гусеничного зажима и узла обжатия трубки встраивается гофрирующее устройство. Стальная трубка после сварки

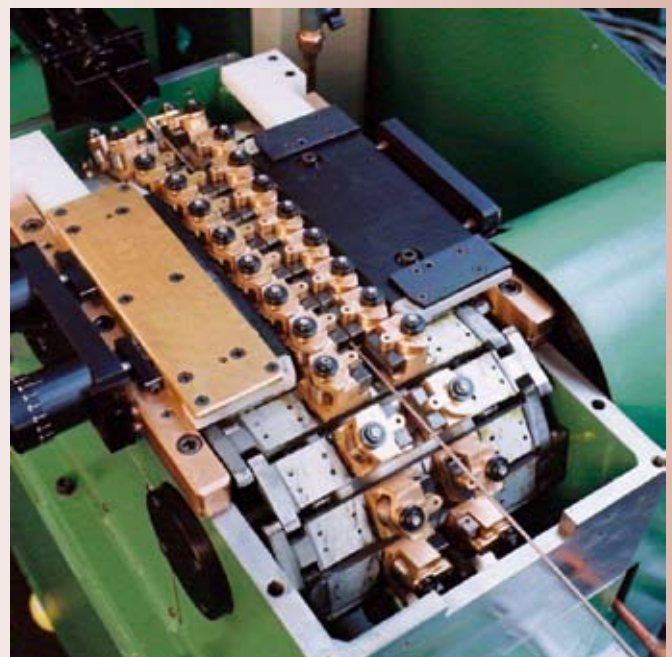


Рис. 4. Гусеничное тяговое устройство.

поступает в это устройство, в котором и производится спиральное гофрирование. Глубина гофрирования может регулироваться в определенных пределах. Гофрирование придает сварным трубкам и оболочкам повышенную устойчивость и большую гибкость.

### Обжатие стальной трубки

Наружный диаметр трубки уменьшается за счет прохождения трубки через несколько фильер между двумя гусеницами с разрезными зажимами. Для введения оптических волокон в трубку требуется диаметр трубки больший, чем он необходим для размещения волокон. За счет сварки трубки большего диаметра и последующего его уменьшения обеспечивается более высокая линейная (производственная) скорость, чем та, которая могла бы быть достигнута в процессе лазерной сварки (скорость сварки). За счет обжатия сопротивление ударам и прочность на растяжение стальной трубки повышаются.

### Обеспечение избыточной длины волокна

Так как относительное удлинение стальной трубки и оптического волокна, находящегося в этой трубке, различны, то необходимо предусматривать в трубке избыточную длину волокна. В зависимости от размера трубки и количества волокон в производственном процессе надежно обеспечивается избыточная длина при удлинении в диапазоне от 0,2 до 0,7%. С помощью тягового колеса к трубке прикладывается требуемое растягивающее усилие. Растягивающее усилие контролируется с помощью специального узла, позволяющего измерять величину усилия. Поскольку требуемое удлинение находится в пределах эластичности трубки, трубка возвращается к исходной длине, как только снимается растягивающее усилие, то есть непосредственно тяговым колесом. Длина же волокон в трубке остается увеличенной на дополнительную длину растянутой трубки. Это означает, что процент удлинения волокон соответствует проценту временного удлинения трубки.

### Контроль качества сварного шва и приемное устройство

Качество сварного шва трубки проверяется непрерывным способом непосредственно на производственной линии с помощью прибора, в основу которого положен принцип действия вихревых токов. Прибор состоит из специальной приемной катушки, на которой и определяются возможные дефекты сварки, и локализатора повреждений, различающего и показывающего эти дефекты.

Затем трубка через раскладывающее устройство с плавающим роликом наматывается на приемную тару. В связи с малым диаметром трубки и ее большой длиной трубка должна наматываться на приемный барабан специальной конструкции с минимально возможным натяжением.

### Заключение

Стандартная технология производства стальных трубок FIST обеспечивает высокую надежность производства и высокую стабильность процесса. Какие бы изменения ни вводились в используемые производственные линии, важно поддерживать высокотехнологичную среду всего производственного процесса. Возможность производить бездефектные трубки FIST длиной до 25 км и более гарантирует экономичное производство без применения какой-то линии для ремонта или другого вспомогательного оборудования.

Последующие производственные линии будут иметь модульную конструкцию, обеспечивающую замену компонентов, что обеспечит производство широкого диапазона трубок, изготавливаемых из различных материалов (например, алюминия и т.д.) с различными количествами оптических волокон, размещенных в трубке, или в кабельном сердечнике с применением пластмассовых оптических волокон (POF – Polymer Optical Fiber).

Другой идеей будущего будет производство на подобных линиях гибких гофрированных трубок с высокой ударной стойкостью для различных условий эксплуатации.

## РОГОЗИН Анатолий Николаевич



4 октября 2004 года ушел из жизни Анатолий Николаевич Рогозин – генеральный директор ОАО «Связьстрой – 1».

Окончив в 1970 году Воронежский инженерно-строительный институт, он работал в различных строительных организациях, а в 1979 году перешел на работу в трест «Связьстрой – 1», который бессменно возглавлял с 1992 года.

Обладая высокими профессиональными и деловыми качествами, Анатолий Николаевич обеспечил стабильную и ритмичную работу треста в условиях возникшего на постсоветском пространстве экономического кризиса и перехода к рыночной экономике. Под его руководством были расширены собственные производственные базы предприятия, построены жилые дома и объекты социально-бытового и культурного назначения.

Анатолий Николаевич явился инициатором и организатором создания двух новых кабельных заводов – ЗАО «Воронежтелекабель», выпускающего городские телефонные кабели и кабели для структурированных систем передач, и ЗАО «Лусент-Технологии Связьстрой – 1», специализированного на производстве волоконно-оптических кабелей. Оба завода являются ведущими предприятиями кабельной промышленности.

Анатолий Николаевич чутко и внимательно относился к нуждам членов возглавляемого им коллектива, пользовался в коллективе высоким авторитетом и любовью.

Государство высоко оценило труд Анатолия Николаевича, наградив его орденами «Знак Почета» и «Почета» и присвоив ему высокое звание «Заслуженный строитель РФ».

*Ассоциация «Электрокабель», ОАО «ВНИИКТ» и редакция журнала «Кабели и провода» в связи со смертью АНАТОЛИЯ НИКОЛАЕВИЧА РОГОЗИНА выражают родным и близким, коллективу ОАО «Связьстрой – 1» свое глубокое соболезнование.*