

# Усовершенствование промежуточной компрессионной тяги и контроля диаметра оптических модулей со свободной укладкой волокон

Компания Nextrom разработала промежуточную компрессионную тягу уже несколько лет назад. Целью разработки являлось устранение эффекта усадки материала, возникающего в модулях со свободной укладкой волокон или в центральной трубке малых диаметров, а также обеспечение возможности контроля и управления избыточной длиной волокна (EFL) при производстве сухих модулей. Перед средней колесной тягой, находящейся в ванне охлаждения, устанавливается специальное зажимное устройство, так называемая компрессионная тяга, которая устраняет напряжения в модуле при его охлаждении до температуры стеклования. Зажимное устройство работает с несколько большей скоростью, чем средняя колесная тяга в ванне охлаждения. Данная конструкция является универсальной и пригодна для производства всего диапазона оптических модулей, начиная с микромодулей с внутренним и наружным диаметрами 1,1 и 1,5 мм соответственно (до 12 волокон в модуле), до центральных трубок с диаметром до 3,5 мм.

Эта технология уже зарекомендовала себя в отрасли как ценный инструмент для оптимизации производства модулей со свободной укладкой волокон. Одновременно изготовители кабельной продукции получили возможность увеличить производственную скорость на существующих модульных линиях в 1,5 раза по сравнению с традиционным процессом без ухудшения качества.

При производстве сухих модулей, когда гидрофобный наполнитель заменяется водонабухающими материалами, например водоблокирующими нитями, становится довольно трудно контролировать внутренний диаметр модуля при использовании таких материалов как полибутилентерефталат (ПБТ) или полипропилен (ПП). Обычно внутренний диаметр сухих модулей поддерживается посредством вдувания контролируемого объема воздуха внутрь модуля.

Для производства сухих модулей со свободной укладкой волокон компания Nextrom разработала систему точного контроля диаметра IDC. Система включает в себя очистку и контроль расхода воздуха с помощью специального инструмента, устанавливаемого на экструзионную головку.

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с необходимостью повышения скорости изготовления модулей со свободной укладкой волокон (свыше 400 м/мин) и обеспечения стабильности экструзионного процесса с минимальной усадкой модульной трубки компании Nextrom и Rosendahl разработали новую промежуточную компрессионную тягу. С данным устройством стали возможны более высокая производственная

скорость и стабильность процесса. Также появилось больше возможностей для оперативного измерения фактических технологических параметров для лучшего анализа и контроля процесса.

Первые поколения промежуточных компрессионных тяг представляли собой традиционные ременные тяговые устройства, состоящие из нескольких роликов, пары ремней, пневматического механизма сжатия и разжатия, системы натяжения ремней и т.д. Работа оборудования на очень высоких скоростях, в сложных условиях (горячая вода) – достаточно трудная задача для обеспечения длительного срока службы составных частей. Например, на линии наложения вторичного покрытия OFC 40 / RL–L маленькие ролики тяги вращаются со скоростью 3180 об/мин при максимальной линейной скорости 500 м/мин. Так как во избежание механических повреждений устройство имеет высокую прочность, очень трудно продиагностировать состояние его узлов, таких как подшипники, которые могут влиять на технологический процесс, но дефекты которых не влияют на работу самой компрессионной тяги.

## Усовершенствованная промежуточная компрессионная тяга

Следующее поколение промежуточных компрессионных тяг, конструкция которых запатентована, имеет совершенно иной вид и обеспечивает улучшение контроля процесса и обратной связи от процесса и самого устройства. Промежуточная ременная компрессионная тяга была заменена на роликовую тягу, состоящую из пары роликов, как показано на рис. 1.

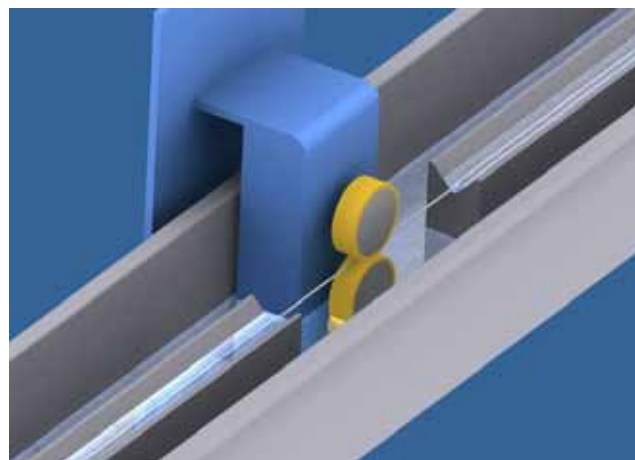


Рис. 1. Промежуточная роликовая тяга

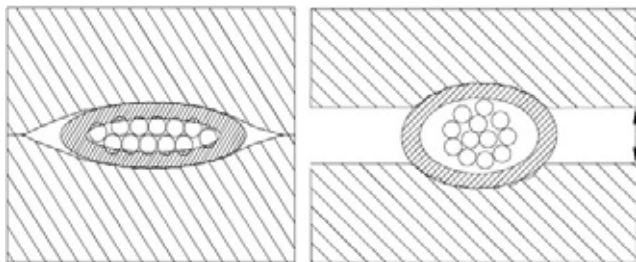
Данная конструкция имеет ряд преимуществ по сравнению с ременными устройствами. Она более компактна и имеет ограниченное количество изнашивающихся механических частей. Благодаря небольшому размеру ее легче встраивать в действующие производственные линии без изменения расположения узлов линии.

В результате устранения большинства вращающихся частей была значительно повышена надежность. Чтобы добиться меньшей скорости вращения даже при очень высоких линейных скоростях модульных линий был увеличен размер роликов. Скорости вращения двух роликов механически синхронизируются и благодаря чувствительной механической конструкции точную информацию о скорости двигателя и крутящем моменте можно использовать в качестве обратной связи от процесса. При работе устройства, когда модульная трубка протягивается быстрее, чем оптические волокна, можно распознать изменения в технологических режимах, такие как, например, температура гидрофобного заполнения, а также определить, насколько хорошо волокна скользят внутри гидрофобного заполнения, жесткость модуля. На основании такой обратной связи устройство можно регулировать вручную и/или автоматически. Также могут быть активированы визуальные сигналы тревоги на панели управления.

При очень большом усилии прижатия между роликами или ремнями давление на модуль может оказаться слишком высоким (рис. 2). Результатом этого может стать овальность изделия и нестабильная избыточная длина волокна, а также усадка. На самом деле, когда температура модуля достаточно высока для обеспечения хорошего сцепления, для протягивания модуля достаточно небольшого тянущего усилия, таким образом становится возможным обеспечить релаксацию модуля. Таким образом, малая область сцепления между роликами является достаточной для плотного удержания трубки и увеличения ее скорости по сравнению со скоростью волокна.

Для обеспечения хорошей формы изделия и точного соприкосновения расстояние между роликами регулируется автоматически. Оператор может установить это расстояние в зависимости от диаметра изделия через интерфейс пользователя как через меню, так и с помощью кнопок управления.

Для обеспечения длительного срока службы ролики имеют износостойкое покрытие из специального полимера. Ролики могут работать при изготовлении сотни километров продукции без значимых видимых следов износа на покрытии, что уже свидетельствует о том, что контроль скорости модуля является стабильным в ходе всего производства.



**Рис. 2.** Зазор между ремнями или роликами при отсутствии и наличии регулировки зажимающего усилия или положения прижимных элементов

После добавления V-образного углубления на поверхности покрытия захват и контроль модуля улучшились. Эти углубления наносятся параллельно на поверхность ролика и положение оси прохождения изделия можно легко отрегулировать. Благодаря этому имеется четыре точки соприкосновения поверхности ролика с модулем вместо двух (рис. 3).

Для промежуточных компрессионных тяг ременного типа является критичной центровка устройства по оси изделия для обеспечения хорошего сцепления, особенно для сухих модулей. Ремни должны быть надлежащим образом выровнены по горизонтали и по вертикали. Неправильная установка может привести к нестабильности процесса и быстрому износу ремней. Компании Nextrom и Rosendahl обычно предлагают промежуточные компрессионные тяги, устанавливаемые на рельсах, поэтому их положение можно легко изменить. Но в случае изменения положения устройства его центровку необходимо тщательно проверить.

Роликовая промежуточная компрессионная тяга позволяет производить более точную и простую центровку устройства в отношении оси изделия. Небольшие погрешности мало влияют на процесс и длительность срока службы покрытия. Регулировка положения контактных поверхностей роликов осуществляется просто и быстро в направлениях X-Y-Z.

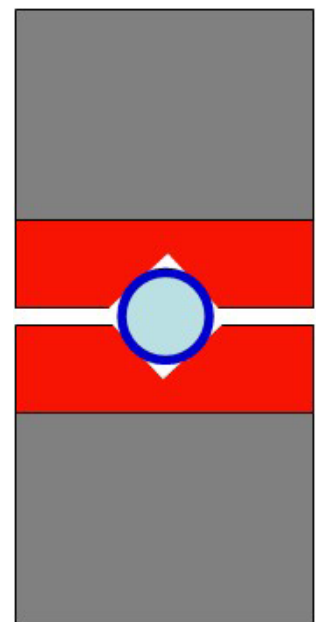
### КОНТРОЛЬ ДИАМЕТРА СУХОГО МОДУЛЯ

Для реализации преимуществ конструкций с сухим модулем требуется более тщательный контроль избыточной длины волокна (ИДВ) и диаметра, чем при обычном процессе.

Поэтому компании Nextrom и Rosendahl произвели ряд усовершенствований линии нанесения вторичного покрытия для оптимизации процесса производства сухого модуля.

Замена гидрофобного заполнителя водоблокирующими нитями усложняет контроль диаметра. Гидрофобное заполнение внутри модуля со свободной укладкой волокон поддерживает стенки модуля, и поэтому при условии стабильной подачи гидрофобного заполнителя и правильного выбора инструмента для заполнения изготавливать традиционный модуль с минимальными колебаниями диаметра легче.

Недавно разработанный инструмент для системы контроля диаметра (рис. 4) предназначен для точного контроля объема воздуха и его подачи в оптический модуль (IDC). Поток воздуха вводится через специальную игольчатую систему, которая стабилизирует поток воздуха перед попаданием в модуль и предотвращает возможность блокировки свободного потока воздуха внутри модуля порошком или волокнами. С помощью данного инструмента формируется требуемый



**Рис. 3.** Поверхность ролика с углублением и покрытием



Рис. 4. Подача воздуха системой IDC

поток воздуха и система IDC способна поддерживать диаметр сухого модуля с минимальными отклонениями (рис. 5) для всей производственной партии. IDC является

надежной системой контроля стабильного диаметра сухого модуля также и для очень тонкостенных изделий (при толщине стенки 0,25 мм).

Промышленный сжатый воздух тщательно очищается и осушается перед введением в модуль. Требуемый расход воздуха обеспечивается точными контроллерами воздушного потока.

### ИСПЫТАНИЯ

Испытания новой промежуточной компрессионной тяги проводились силами специалистов компаний Nextrom и Rosendahl, а также специалистами кабельных заводов, где уже установлены линии вторичного покрытия OFC 40 / RL-R (рис. 6.) При этих испытаниях существующие промежуточные компрессионные тяги ременного типа были модифицированы под установку роликов. Все настройки и регулировки производились вручную.

Результат был проверен в условиях реального производства с несколькими типами модулей со свободной укладкой волокон, заполненных желеобразным наполнителем, а также с сухими модулями. Для испытаний использовались полибутилентерефталат (ПБТ) и полипропилен (ПП) различных поставщиков. Для сухих модулей в качестве водоблокирующего материала вместо сверхабсорбирующего полимера (SAP) каждый раз использовались различные типы водоблокирующих нитей.



Рис. 5. Колебание диаметра сухого модуля



Рис. 6. Высокоскоростная экструзионная линия наложения вторичного покрытия OFC 40

Испытания проводились с роликами с V-образными канавками для модулей со свободной укладкой волокон. Таблица показывает очень четко, что влияние производственной скорости на усадку и ИДВ было минимально. Все остальные параметры во время испытаний оставались неизменными (температура охлаждающей воды и гидрофобного заполнения, компрессионный фактор, натяжение волокна, натяжение на приемном устройстве), исключая натяжение на выходной ременной тяге. Так как производственная скорость достаточно высока, натяжение должно быть незначительно увеличено, чтобы обеспечить плотное прилегание модуля на промежуточной тяге.

Испытания были проведены повторно на следующий день, и результаты оказались аналогичными.

Таблица

**Модуль из ПБТ натурального цвета, 1,2/1,7 мм, 12 волокон**

Скорость линии, м/мин	Усадка, %	ИДВ, %о
350	< 0,1	0,10
400	< 0,1	0,13
450	< 0,1	0,12
500	< 0,1	0,14

Испытания с микромодулем с внутренним и наружным диаметрами 1,1 мм и 1,5 мм соответственно проводились при тех же технологических условиях, что и для модуля с внутренним и наружным диаметрами 1,2 мм и 1,7 мм, и также с 12 волокнами. Влияние производственной скорости и компрессионного фактора на усадку и избыточную длину волокна показано на рис. 7. Как и следовало ожидать, в трубке нет места для положительной ИДВ, поэтому контроль ИДВ прост. Но очень важно обеспечить минимальную усадку для микромодулей. Если после экструзии усадка модуля значительна, возможно, что через определенное время будет наблюдаться возрастание затухания. Для микромодулей важно использовать волокна с повышенной

Production speed	Post shrinkage	EFL
↗	→	→
Clenching ratio	Post shrinkage	EFL
↗	→	→

Рис. 7. Зависимость усадки и ИДВ от скорости линии и фактора компрессии

стойкостью к изгибам. Минимальная толщина стенки не защищает волокна от внешних ударных нагрузок.

Применение при производстве данного изделия промежуточной компрессионной тяги с V-образными роликами было успешным, так как не было замечено увеличения затухания в волокне даже на высоких скоростях.

Наблюдается зависимость между усадкой и использованием различных красителей. При совершенно идентичных технологических параметрах и условиях производства разные красители оказывают различное влияние на величину усадки модуля. Рис. 8. свидетельствует об улучшении данной ситуации при использовании компрессионной тяги роликового типа, т.к. различие в усадке и избыточной длине волокна оказалось меньшим для разных цветов.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Для высокоскоростного производства заполненных гидрофобным наполнителем модулей со свободной укладкой волокон или сухих модулей очень важны стабильность и повторяемость технологического процесса. Механическая нестабильность не должна вызывать увеличение производственных потерь или времени простоя линии.

С новой роликовой промежуточной компрессионной тягой появилась возможность создать высокоскоростное производство со стабильными технологическими условиями и лучшей обратной связью по условиям процесса и состоянию устройства. Высококачественные материалы покрытия роликов гарантируют стабильность производственного процесса. Скорость промежуточной компрессионной тяги не является ограничивающим фактором для повышения объема производства оптических кабелей.

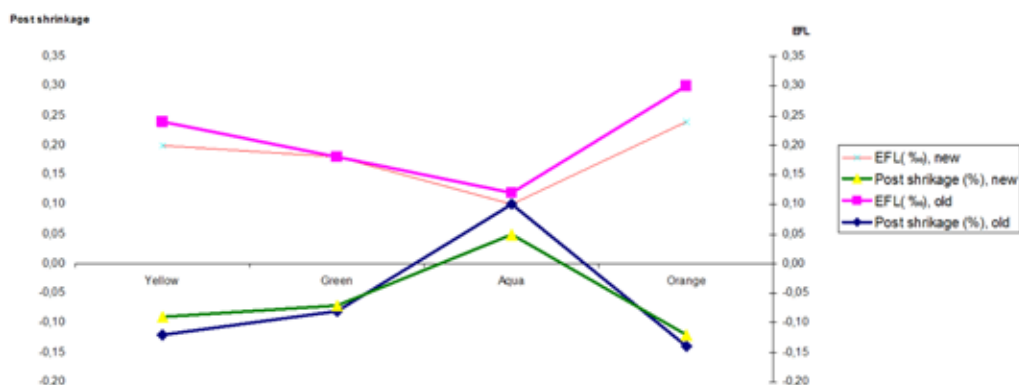


Рис. 8. Влияние цвета сухого модуля на усадку и избыточную длину волокна