



DOI 10.52350/2072215X_2022_1_27

ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ДВУХСЛОЙНОГО ОТВЕРЖДАЕМОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ПЕРВИЧНОГО ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЕГО ВЫТЯЖКИ

THE DEPENDENCE OF THE POLYMERIZATION DEGREE OF A DOUBLE-LAYER UV-CURABLE PRIMARY PROTECTIVE COATING OF AN OPTICAL FIBER ON THE OPERATING REGIMES OF ITS DRAWING

D.A. Tarasov, Head of Optical Fibre Cable Department, OJSC VNIKIP

Д.А. Тарасов, заведующий отделом оптических кабелей ОАО «ВНИИКП»

Аннотация. Определены технологические режимы наложения двухслойного первичного защитного покрытия из разработанных композиций на основе УФ-отверждаемых акрилатов во время вытяжки оптического волокна, а именно: скорость вытяжки, мощность УФ-ламп и объём подачи в них азота.

Ключевые слова: оптическое волокно, первичное защитное покрытие, вытяжка оптического волокна, полимеризация ультрафиолетом

Abstract. The drawing tower operating regimes are determined for the application of a double-layer primary protective coating from the developed compositions based on UV-curable acrylates, namely: the speed of extraction, the power of UV lamps and the volume of nitrogen supply to them.

Key words: optical fibers, primary coatings, optical fiber drawing, UV-curing

Материал поступил в редакцию 17.01.2022
E-mail: d.tarasov@vniikp.ru

ВВЕДЕНИЕ

Оптическое волокно (ОВ) – основной конструктивный элемент оптических кабелей (ОК), в свою очередь являющихся основой современных кабельных линий связи. Стандартное телекоммуникационное ОВ состоит из хрупкого кварцевого световода, покрытого первичным защитным

покрытием (ПЗП). Наиболее распространённое ПЗП – двухслойное, на основе УФ-отверждаемых акрилатов.

Данная статья является логическим продолжением статьи [1], в которой было продемонстрировано, что ПЗП в полной мере способно повлиять на механические и надёжностные свойства ОВ, и посвящена подбору технологических режимов вы-

тяжки с целью обеспечения оптимальной степени полимеризации ПЗП.

ОБРАЗЦЫ

Образцы ОВ изготавливались АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» следующим образом: на кварцевые световоды диаметром 125 ± 1 мкм во время их вытяжки наносили методом «мокрое по сухому» (рисунок) ПЗП из разработанных АО «НИИ полимеров» при участии ОАО «ВНИИКП» отечественных композиций. ОВ (1 – см. рисунок) проходит последовательно через первую фильеру (2 – см. рисунок), где накладывается первый, более мягкий слой ПЗП, предохраняющий световод от микроизгибов. Мягкий слой подвергается УФ-облучению от первой УФ-лампы (3 – см. рисунок) и полимеризуется. Далее полимеризованный (сухой) первый слой ПЗП проходит через фильеру (4 – см. рисунок), где накладывается второй, более жёсткий слой ПЗП, защищающий световод от внешних механических воздействий, который полимеризуется под воздействием УФ-излучения от второй УФ-лампы (5 – см. рисунок). Диаметр образцов ОВ по ПЗП равен 245 ± 10 мкм.

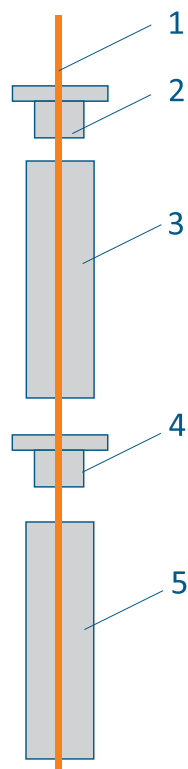


Рис. Нанесение двухслойного акрилатного УФ-отверждаемого первичного защитного покрытия методом «мокрое по сухому»

Для контроля уровня полимеризации (отверждения) покрытий был применён метод разделения гель-золь фракций [2]. Образцы длиной (l) от 1,2 до 1,4 метра были отрезаны от каждого из вытянутых ОВ, после чего проводилось первое взвешивание образцов (P_1). Затем образцы были экстрагированы в лаборатории ФИРЭ РАН в аппарате Сокслета в течение трёх часов, высушены при температуре 55 ± 5 °С в течение 5 часов, после чего проводили второе взвешивание образцов (P_2). Степень полимеризации (ξ) рассчитывалась по формуле:

$$\xi = \frac{P_2 - P_{кг}}{P_1 - P_{кг}} 100, \quad (1)$$

где $P_{кг} = \frac{1}{4} \pi d^2 l \rho$,

где $d = 125$ мкм – диаметр кварцевого световода;
 $\rho = 2,2$ мг/мм – удельный вес кварцевого стекла.

ПЗП считается полимеризованным при значениях ξ не менее 90 %.

ПРОЦЕДУРА ИСПЫТАНИЙ

В ходе вытяжек образцов ОВ изменяли следующие параметры:

- скорость вытяжки (от 18 м/мин до максимально возможной на данном оборудовании – 95 ± 3 м/мин);
- мощность УФ-ламп (от 51 до 90 % от максимальной мощности одной лампы, равной 600 Вт/дюйм);
- поток азота во второй УФ-лампе (от 12 до 30 л/мин).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты оценки степени полимеризации приведены в табл. 1, 2 и 3.

Из результатов, приведённых в табл. 1–3, видно, что на скоростях вытяжки до 95 м/мин изменение самой скорости вытяжки оказывает меньшее влияние на степень полимеризации ПЗП, чем увеличение мощности ламп или увеличение потока азота. Поэтому, с целью определения возможности наложения

Таблица 1

Влияние изменения скорости вытяжки на степень полимеризации первичного защитного покрытия

Номер образца	Скорость вытяжки, м/мин	Мощность ламп УФ-отверждения, %	Поток азота во второй лампе УФ-отверждения, л/мин	Степень полимеризации, %
1	18	90	15	96
2	40	90	15	92
4	55	90	15	93
8	55	52	15	77
10	95	51	12	74



Таблица 2
Влияние изменения мощности ламп ультрафиолетового отверждения на степень полимеризации первичного защитного покрытия

Номер образца	Скорость вытяжки, м/мин	Мощность ламп УФ-отверждения, %	Поток азота во второй лампе УФ-отверждения, л/мин	Степень полимеризации, %
2	40	90	15	92
3	40	72	15	88
4	55	90	15	93
5	55	72	15	87
6	55	62	15	84
8	55	52	15	77

Таблица 3
Влияние изменения объёмов подачи азота на степень полимеризации первичного защитного покрытия

Номер образца	Скорость вытяжки, м/мин	Мощность ламп УФ-отверждения, %	Поток азота во второй лампе УФ-отверждения, л/мин	Степень полимеризации, %
7	55	52	30	90
8	55	52	15	77

ПЗП с достаточной степенью полимеризации (более 90 %) на максимальной скорости вытяжки, которое позволяет производственное оборудование, на котором производилась вытяжка указанных образцов (95 м/мин), было принято решение провести до-

полнительную серию пробных вытяжек ОВ с мощностью ламп до 90 % при потоке азота до 25 л/мин. В табл. 4 приведены технологические параметры вытяжек, а также соответствующие им значения степени полимеризации ПЗП.

Таблица 4
Определение степени полимеризации первичного защитного покрытия при максимальной скорости вытяжки оптического волокна

Номер образца	Скорость вытяжки, м/мин	Мощность ламп УФ-отверждения, %	Поток азота во второй лампе УФ-отверждения, л/мин	Степень полимеризации, %
9	95	90	12	96
10	95	51	12	74
11	95	51	25	79
12	95	75	20	94
13	60	65	20	93

В результате проведённых дополнительных пробных вытяжек ОВ с наложением ПЗП для производства ОВ с двухслойным ПЗП из разработанных композиций на основе УФ-отверждаемых акрилатов был выбран режим вытяжки, соответствующий образцу 13, т.е. не на максимальной её скорости, хотя, как видно из табл. 4, образцы под номерами 9 и 12 также имеют степень полимеризации ПЗП выше порогового значения равного 90 %. Это было сделано по нескольким причинам:

– На башне вытяжки производятся специальные типы ОВ, которые, как и описанные выше образцы ОВ, имеют световод диаметром 125 мкм, покрытый двухслойным ПЗП диаметром 250 мкм из разработанных композиций. Для подобных типов ОВ, ввиду особенностей их конструкции, с целью получения более стабильных показателей целесообразно несколько снизить скорости вытяжки.



– Меньшая мощность ламп УФ-отверждения обеспечивает более длительную их эксплуатацию при одновременной экономии потребляемой ими энергии.

Вместе с тем, при производстве категорий телекоммуникационных ОВ, охваченных стандартами [3, 4], оптимальным режимом будет являться режим, соответствующий образцу № 12, позволяющий достигнуть требуемой степени полимеризации ПЗП при бережной эксплуатации ламп УФ-отверждения, но высокой производительностью.

ВЫВОДЫ

Исходя из приведённых выше результатов испытаний, можно сделать следующие выводы:

Список источников

1. Геча Э.Я., Гордиенко В.Н., Овчинникова И.А., Тарасов Д.А. Влияние степени полимеризации первичного защитного покрытия на механические характеристики оптического волокна // Кабели и провода. – 2019. – № 5. – С. 19–25.

2. Рабек Я.Ф. Экспериментальные методы в химии полимеров. – М.: Мир, 1983. – 420 с.

3. ГОСТ Р МЭК 60793-2-10–2018. Волокна оптические. Часть 2-10. Технические требования к изделию. Групповые технические требования к многомодовым оптическим волокнам категории А1. – М.: Стандартинформ, 2018. – 45 с.

4. ГОСТ Р МЭК 60793-2-50–2018. Волокна оптические. Часть 2-50. Технические требования к изделию. Групповые технические требования к одномодовым оптическим волокнам класса В. – М.: Стандартинформ, 2018. – 35 с.

– Разработанные при участии ОАО «ВНИИКП» композиции на основе УФ-отверждаемых акрилатов пригодны для наложения двухслойного ПЗП во время вытяжки ОВ на скоростях, не превышающих 95 ± 3 м/мин.

– На скоростях до 95 м/мин на степень полимеризации ПЗП из разработанных акриловых композиций наибольшее влияние оказывает мощность УФ-ламп и поток азота нежели изменение самой скорости вытяжки.

– Для имеющегося технологического оборудования подобраны оптимальные технологические режимы вытяжки для наложения двухслойного ПЗП из разработанных композиций при производстве телекоммуникационных ОВ и ОВ специального назначения. ■

List of Sources

1. E.Ya. Gecha, V.N. Gordienko, I.A. Ovchinnikova, D.A. Tarasov. The influence of the polymerization degree of a primary protective coating on the optical fiber mechanical properties // Cables and Wires. – 2019. – № 5. – P. 19–25.

2. Ya.F. Rabek. Experimental methods in the polymer chemistry. – M.: Mir, 1983. – 420 p.

3. GOST R IEC 60793-2-10–2018. Optical fibres. Part 2-10. Product specifications. Sectional specification for category A1 multimode fibres. – M.: Standartinform, 2018. – 45 p.

4. GOST R IEC 60793-2-50–2018. Optical fibres. Part 2-50. Product specifications. Sectional specification for class B single-mode fibres. – M.: Standartinform, 2018. – 35 p.

ПОДПИСАТЬСЯ НА ЖУРНАЛ «КАБЕЛИ И ПРОВОДА» МОЖНО В РЕДАКЦИИ

Стоимость подписки на 1 полугодие 2022 года (3 номера):

- для членов Ассоциации «Электрокабель» — 1275 руб.;
 - для учебных заведений и студентов — 1200 руб.;
 - для остальных подписчиков России и стран СНГ — 1380 руб.;
 - для подписчиков зарубежных стран — 33 у.е.
- НДС не облагается по ст. 145 НК РФ

По вопросам подписки: Алла Тимофеева
Тел./факс: +7 (495) 918-16-27 E-mail: kp@vniikp.ru

Реквизиты для оплаты в рублях:

ООО «Журнал «Кабели и Провода»
ИНН 7722159427
р/с 40702810238120102932
в Московском банке ПАО «Сбербанк», г. Москва
к/с 3010181040000000225
БИК 044525225

Подписной индекс в каталоге
агентства «Урал-Пресс» — **79943**