

Ю. Б. Корчун^{1}, Е. Г. Бобылева¹*

Исследование оптоволоконных материалов с различным покрытием на прочность методом одноосного растяжения

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация.
* e-mail: d3k08@vk.com

Аннотация. В статье рассматривается опыт по определению прочности оптоволоконных материалов, сначала в полиимидном, а затем и в медном покрытиях, с целью выяснить какое из данных покрытий прочнее. Для проведения эксперимента используется оптическое волокно производства Пермской научно-производственной приборостроительной компании (ПАО «ЛНППК»). Для проведения испытаний используется разрывная машина MTSExceedE.42, на кабестанах которой, по очереди, вертикально, крепятся образцы оптического волокна и измеряется предел его прочностных характеристик методом одноосного растяжения для этого установить кабестаны в начальное положение (расстояние между кабестанами 500 мм) и покрыть рабочую поверхность кабестана материалом с высоким коэффициентом трения для исключения проскальзывания (например, изолянта). Измерения выполняются для трех скоростей, таких как 50 мм/мин, 100 мм/мин и 500 мм/мин. Результаты представлены в виде таблиц, расчетов и графиков.

Ключевые слова: оптоволокно, предел прочности, медное и полиимидное покрытие

Y. B. Korchun^{1}, E. G. Bobyleva¹*

Study of strength of fiber-optic materials with different coatings by the method of uniaxial stretch

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation.
* e-mail: d3k08@vk.com

Annotation. The article discusses the experience of determining the strength of fiber optic materials, first in polyimide, and then in copper coatings, in order to find out which of these coatings is stronger. For the experiment, an optical fiber produced by the Perm Research and Production Instrument-Making Company (PNPPC PJSC) is used. For testing, a tensile machine MTSExceedE.42 is used, on the capstans of which, in turn, samples of optical fiber are attached vertically and the limit of its strength characteristics is measured by the uniaxial tension method. To do this, set the capstans to the initial position (the distance between the capstans is 500 mm) and cover the working surface of the capstan with a material with a high coefficient of friction to prevent slippage (for example, electrical tape). Measurements are made for three speeds such as 50 mm/min, 100 mm/min and 500 mm/min. The results are presented in the form of tables, calculations and graphs.

Keywords: optical fiber, tensile strength, copper and polyimide coating

Введение

Благодаря низкой стоимости и многофункциональности оптическое волокно приобрело популярность, по этой причине актуальна тема его эксплуатации.

Цель работы: измерить предел прочности оптического волокна, производства ПАО «ПНППК» с медным и полиимидным покрытием, методом одноосного растяжения.

Методы и материалы

Для проведения опыта возможно использовать модель Гриффитса и модель Вейбулла. Кратко, теория Гриффитса гласит, что рост трещины возможен только в том случае, если при её росте выделится больше энергии, чем требуется для образования новых поверхностей при росте трещины (то есть для разрыва межатомных связей в вершине трещины). Тем временем распределение Вейбулла предполагает, что вероятность разрушения определяется соотношением экспериментально определяемых параметров и выражено формулой:

$$P(\sigma) = \left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right)^m, \quad (1)$$

где m и σ_0 – экспериментально определяемые параметры.

Для статистической оценки кратковременной прочности оптоволокна используется распределение Вейбула, так как оно практичнее в случае исследования вероятности излома хрупких материалов.

Для проведения испытаний используется разрывная машина MTSExceedE.42, на кабестанах которой необходимо закрепить образец оптического волокна, для этого установить кабестаны начальное положение (расстояние между кабестанами 500 мм). Рабочая поверхность кабестана покрывается материалом с высоким коэффициентом трения (например, изолента), для исключения проскальзывания. После чего вертикально крепится образец (на верхний и нижний кабестаны наматывается от 3 до 5 витков оптоволокна) и фиксируется прижимными пластинами или иными способами. Затем выполняются измерения на трех скоростях: 50, 100 и 500 мм/мин по 10-15 образцов на каждую скорость.

В процессе работы разрывной машины обязательно закрывать защитный экран и надевать защитные очки, во избежание попадания осколков оптического волокна в глаза.

В результате измерений будут получены значения нагрузки F в Ньютонах и соответствующие им значения времени до разрыва $t(\sigma)$ для четырех скоростей нагружения. Результаты занести в таблицу.

Сравним результаты измерения предела прочности оптических волокон производства ПАО «ПНППК» в полиимидном и медном покрытиях.

Результаты

Полиимидное покрытие:

Результаты испытаний и последующих расчетов для скоростей нагружения: 50 мм/мин; 100 мм/мин; 500 мм/мин, а также параметр Вейбулла, который характеризуется тангенсом угла наклона прямой $Y = m_d X$, указаны в табл. 1.

Таблица 1

Скорость нагружения, мкм/с	Параметр Вейбулла m_d	Предел прочности, Па
50	11,37966	$5,81 \pm 0,24$
100	37,53195	$6,07 \pm 0,09$
500	38,67587	$6,29 \pm 0,10$

По вышперечисленным данным в программе «Origin» строится график Вейбулла (распределение прочности от разрушающего напряжения в координатах $\ln(-\ln(1-P))$ от $\ln(\sigma)$ у), (рис. 1).

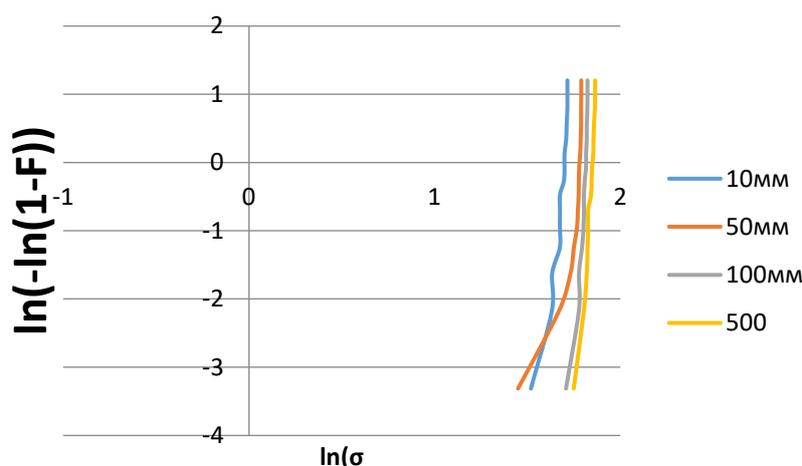


Рис. 1. График Вейбулла для всех скоростей нагружения оптоволокон в полиимидном покрытии

Далее определяется параметр динамической усталости (динамический параметр устойчивости к коррозии под напряжением):

$$n_d = \frac{1}{\alpha} - 1 = \frac{1}{0,0395} - 1 = 24,29011 > 18 \quad (2)$$

где α – параметр, зависящий от окружающей среды.

Медное покрытие:

Результаты испытаний и последующих расчетов для скоростей нагружения: 50 мм/мин; 100 мм/мин; 500 мм/мин и параметр Вейбулла, указаны в табл. 2.

Таблица 2

Скорость нагружения, мкм/с	Параметр Вейбулла m_d	Предел прочности, ГПа
50	18,64	$4,63 \pm 0,18$
100	7,811	$4,46 \pm 0,32$
500	9,219	$4,64 \pm 0,31$

Так же по указанным данным в программе строится график распределения прочности от разрушающего напряжения в координатах $\ln(-\ln(1-P))$ от $\ln(\sigma)$ у (график Вейбулла), (рис. 2).

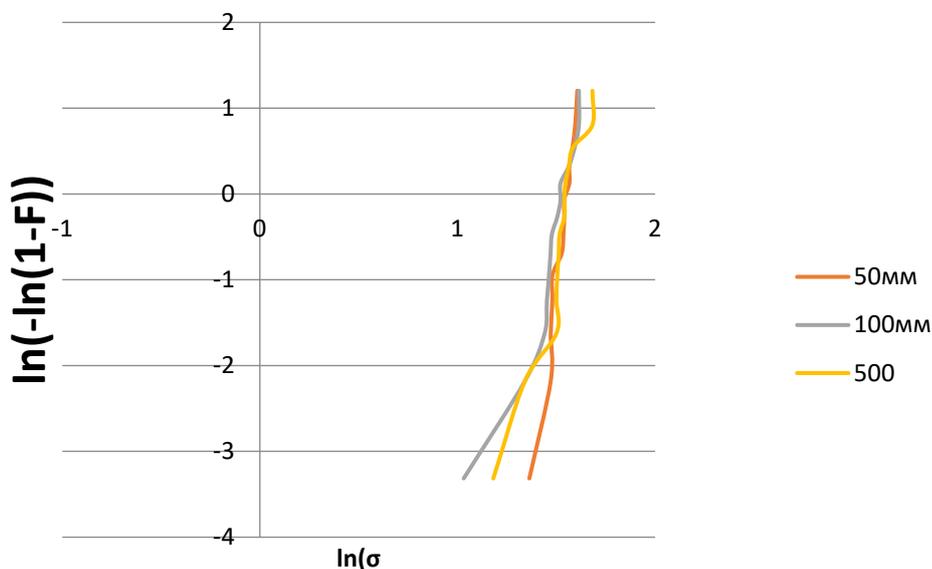


Рис. 2. График Вейбулла для всех скоростей нагружения оптоволокон в медном покрытии

После чего определяется параметр динамической устойчивости к коррозии под напряжением:

$$n_d = \frac{1}{\alpha} - 1 = \frac{1}{0,038} - 1 = 27,243 > 18 \quad (3)$$

где α – параметр, зависящий от окружающей среды.

Заключение

Из проведенного опыта выходит, что прочность оптоволокон в полиимидном покрытии увеличивается прямо пропорционально скорости нагружения, а в случае с волокном в медном покрытии предел прочности практически остается неизменным и имеет значения меньше, соответственно оптическое волокно в полиимидном покрытии прочнее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Бурков, В. Д. Физико-технологические основы волоконно-оптической техники : уч. пособие / В. Д. Бурков, Г. А. Иванов. – Москва : Издательство Московского государственного университета леса, 2007. – 295 с. – Текст : непосредственный.

2 Азанова, И. С. Фотоника и оптоинформатика : лабораторный практикум лаборатории УОЦ ПНППК / И. С. Азанова, Г. Н. Вотинков, В. С. Кирчанов. – Пермь : Пермский Националь-

ный исследовательский политехнический университет, 2021. – 75 с. – Текст : непосредственный.

3 Попов, С.М., Воробьев, И.Л., Иванов, Г.А., Исаев, В.А., Чаморовский, Ю. К. “Высокотемпературные оптические волокна с покрытием из металла” / материалы 8 Межд. науч.-техн. конференции «Квантовая Электроника». – Минск : 2010. – 122 с. – Текст : непосредственный.

4 Stolov, A. A. Thermal stability of optical fiber coating: comparison of experimental thermogravimetric approaches : Статья / A. A. Stolov, D. A. Simoff. – Budapest : Akademia Kiado, 2020. – 47 с. – Текст : непосредственный.

© Ю. Б. Корчун, Е. Г. Бобылева, 2023