

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ДАТЧИКА ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ОБРАЗЦОВ ПРОВОЛОКИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА РАЗРЫВ

К. Ю. ДЕСЮКЕВИЧ¹, В. В. ШИПУНОВ², Д. П. ДАВЫДОВ³

¹ kirillmc74@mail.ru

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва»
(Самарский университет)

Аннотация. Описана методика измерения удлинения проволочных образцов, используемых в изготовлении материала МР (металлическая резина), при испытаниях на разрыв. Рассмотрена оригинальная конструкция оптоэлектронного датчика удлинения проволоки. Приведены результаты первых разрывных испытаний проволочных образцов при экспериментальной отработке новой методики.

Ключевые слова: МР; проволочный образец; механические свойства; методика; эксперимент; напряжение; деформация; оптоэлектронный датчик; светодиод; фототранзистор; фотопоток; испытательная установка; диаграмма растяжения; зажимы.

В современной ракетно-космической технике широко применяются разнообразные изделия из материала МР (металлический аналог резины). Виброизоляторы из МР, разрабатываемые и производимые в Отраслевой научно-исследовательской лаборатории №1 (ОНИЛ-1) Самарского университета, используются такими предприятиями, как АО «РКЦ Прогресс» (г. Самара), АО «НПО Энергомаш им. академика В. П. Глушко» (г. Химки), ФГУП «ГКНПЦ им. М. В. Хруничева» (г. Москва), «ПО «Полёт» (г. Омск) и другими.

Материал МР представляет собой однородную упругопористую массу, получаемую холодным прессованием определенным способом уложенной, растянутой и дозированной по весу металлической проволочной спирали. От упругопластических характеристик проволоки зависят свойства готовых деталей из МР.

Механические свойства проволочной основы мало изучены. Знание этих свойств позволит изучить процессы навивки и прессования материала МР на принципиально новом уровне с применением современных средств компьютерного математического моделирования, таких как ANSYS и LS-DYNA.

Механические характеристики планируется исследовать путем проведения разрывных испытаний образцов проволоки с получением диаграмм растяжения в координатах «напряжение – деформация». Для этого предлагается разработать универсальную испытательную установку на базе Galdabini Quasar 25.

Следует отметить, что в настоящее время не существует датчиков, позволяющих измерять деформацию проволочного образца на рабочем участке l_0 . Средства, применяемые для измерения деформации стандартных гладких цилиндрических образцов, такие как подвесные экстензометры, невозможно закрепить на образце в силу его низкой изгибной жесткости. Использование тензорезисторов ограничено в связи с малыми диаметрами проволоки, применяемой для изготовления материала МР (0,05–0,3 мм). Решением проблемы может стать датчик измерения деформации, работа которого основана на оптоэлектронном методе. Суть метода заключается в связи выходного напряжения со световым потоком, падающим на датчик. Пример использования этого метода в целях автоматизированного контроля параметров проволочной спирали представлен в [2].

Принципиальная схема работы предлагаемого датчика деформации проволоки, основанного на оптоэлектронном методе, рассмотрена на рис. 1.

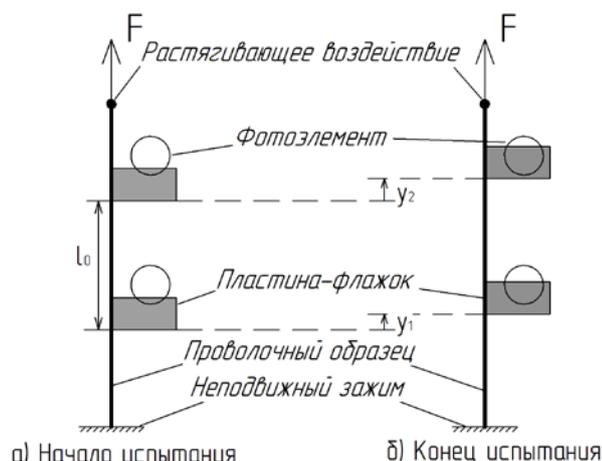


Рис. 1. Принципиальная схема оптоэлектронного метода

В настоящей работе впервые представлена методика измерения деформаций проволоки основы материала МР при испытаниях на разрыв. Проволока устанавливается между двумя зажимами, один из которых неподвижен, а второй перемещается вверх, вызывая ее растяжение. На образце закреплены две пластины-флажка, определяющие его измерительную базу l_0 . Они смещаются при растяжении вместе с проволокой (рис. 1). Датчик деформации состоит из двух оптоэлектронных модулей, каждый из которых содержит светодиод – источник инфракрасного излучения и фототранзистор (фотоэлемент) – приемник излучения (рис. 2). Наличие двух датчиков, верхнего и нижнего, позволяет определять удлинение базы образца проволоки. В начальный момент времени оба флажка частично перекрывают фотоэлементы. По ходу испытания они смещаются вверх, перекрывая все большую площадь фотоэлемента и уменьшая фотопоток. При снижении фотопотока падает напряжение на фототранзисторе. Для используемого типа датчика зависимость напряжения от фотопотока линейная, что значительно упрощает измерение величины деформации. Выполнив тарировку датчиков, можно напрямую связать напряжение на фототранзисторе с величиной удлинения проволоки:

$$y = k\Delta U,$$

где ΔU – изменение напряжения на фототранзисторе; y – величина смещения флажка; k – тарировочный коэффициент. Тогда относительную деформацию проволоочного образца можно представить в следующем виде:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{y_2 - y_1}{l_0} = \frac{k(\Delta U_2 - \Delta U_1)}{l_0},$$

где Δl – удлинение базы l_0 , ΔU_1 , ΔU_2 – изменения напряжения на фототранзисторах при испытании, ε – относительная деформация проволоочного образца.

Разработка конструкции датчика деформации проволоки выполнялась в программной среде твердотельного объемного моделирования SolidWorks [3]. Применение параметризации позволило создать легко изменяемую цифровую трехмерную модель и рассмотреть множество различных конструктивных исполнений.

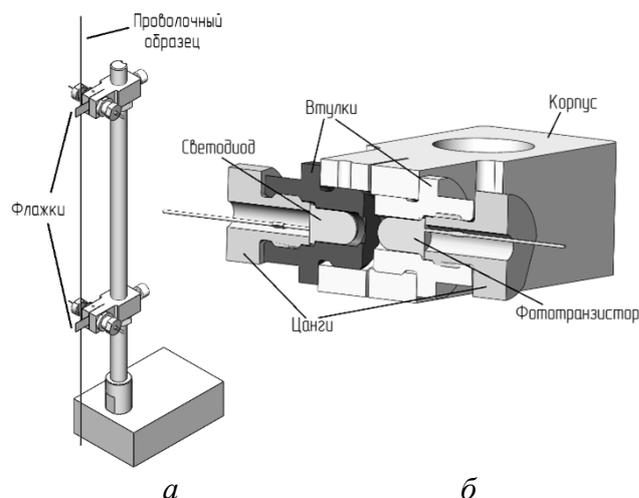


Рис. 2. а – датчик деформации проволоки; б – оптоэлектронный модуль датчика

Разработка конструкции датчика деформации проволоки выполнялась в программной среде твердотельного объемного моделирования SolidWorks [3]. Применение параметризации позволило создать легко изменяемую цифровую трехмерную модель и рассмотреть множество различных конструктивных исполнений.

Для корректного закрепления проволоочных образцов в процессе испытаний были разработаны [1] специальные зажимы. За-

жимы обеспечивают одноосное напряженное состояние образца, не создавая при этом концентраторов напряжений, а также обладают достаточной жёсткостью, чтобы не оказывать влияние на результаты экспериментов. Общий вид конструкции зажимов, закреплённых на разрывной установке, а также датчика деформации проволоочного образца представлен на рис. 3.

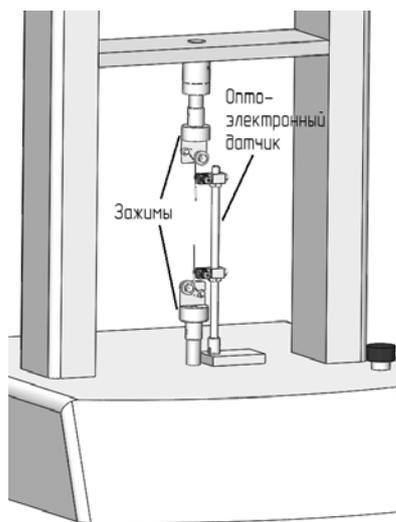


Рис. 3. Расположение датчика и зажимов на разрывной установке

На данный момент датчик изготовлен, с целью отработки методики проводятся исследования механических характеристик холоднотянутых проволоочных образцов диаметром 0,2 мм из хромоникелевой стали 12Х18Н10Т ГОСТ 18143-72 при одноосном растяжении (рис. 4).



Рис. 4. Работа датчика при испытании на разрыв

Обработка первых экспериментальных данных установила, что для образцов из материала 12Х18Н10Т средние значения модуля упругости – $E=2,003 \cdot 10^{11}$ Па, предела прочности $\sigma_B=1368$ МПа. При этом справочное значение модуля упругости составляет $1,98 \cdot 10^{11}$ Па, а предела прочности 1350 МПа.

Сравнение экспериментальных данных со справочными показало хорошее согласование. Отклонение экспериментальных данных от справочных не превышает 1,12 %.

Полученные значения механических свойств проволоки планируется использовать в создании математической модели процесса навивки и прессования. Для этого по известным геометрическим параметрам поперечного сечения и базовой длины образцов построена зависимость напряжения в проволоке от ее деформации – диаграмма растяжения (рис. 5).

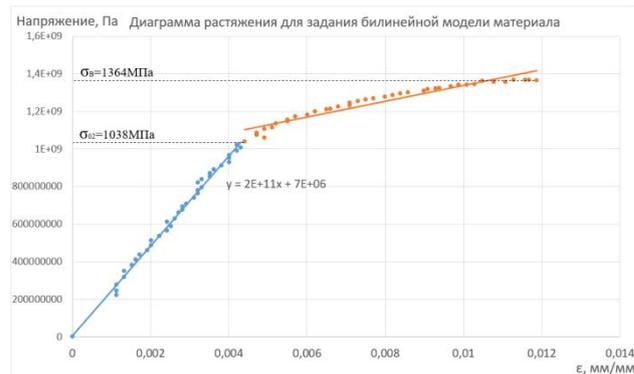


Рис. 5. Диаграмма растяжения проволоочного образца

По результатам первичной отработки сделано заключение о корректности предложенной методики определения механических характеристик проволоочных образцов при одноосном растяжении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Десюкевич К. Ю., Шипунов В. В. Проектирование установки для исследований механических свойств проволоочной основы материала МР // Студенческая научно-техническая конференция «Лукачевские чтения – 2017». – Самарский университет, 2017. – 76с. [К.У. Desyukevich, V.V. Shipunov, "Design of the adjustment for studying mechanical properties of the wire material MR", (in Russian) in Student scientific and technical conference "Lukachevskie chteniya – 2017", Samara University, 2017.]

2. Варжицкий Л. А., Волкова Т. В., Чертыковцев И. В. Разработка устройств для автоматизированного контроля параметров проволоочной спирали // Вестник транспорта Поволжья. Самара, 2016. С. 92-97. [L. A. Varjickiy, T. V. Volkova, and I. V. Chertykovcev, "Development of the

devices for automated control of wire spiral parameters”, (in Russian) in Vestnik transporta Povol'ya, pp. 92-97, Samara, 2016.]

3. **Дударева Н. А.** Самоучитель SolidWorks 2010 [Текст]: учеб-метод. пособие / Н. А. Дударева, С. А. Загайко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с. [N. A. Dudareva, “SolidWorks 2010 tutorial”, (in Russian). Saint-Petersburg: “BVH-Peterburg”, 2011.]

ОБ АВТОРАХ

ДЕСЮКЕВИЧ Кирилл Юрьевич, студент каф. КИПДЛА Самарского университета.

ШИПУНОВ Виталий Викторович, студент каф. КИПДЛА Самарского университета.

ДАВЫДОВ Данила Петрович, старший преподаватель каф. КИПДЛА Самарского университета.

METADATA

Title: Deformation sensor for wire sample from the MR material to conduct the breaking test

Authors: K. U. Desyukevich¹, V. V. Shipunov², D. P. Davydov³

Affiliation:

Samara National Research University named after academician S. P. Korolev (Samara University), Russia.

Email: ¹ kirillmc74@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (21), pp. 43-46, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The article represents the technique of measuring the deformation of the wire material MR (metallic rubber) in order to know its mechanical properties. Investigation of those properties will allow obtaining the new techniques of wire spiraling and pressing, using modern mathematical simulation techniques (ANSYS and LS-DYNA).

Key words: wire sample, stress, deformation, measurement, optoelectronic sensor, simulation, breaking test.

About authors:

DESYUKEVICH, Kirill Yurievich., student, Samara National Research University.

SHIPUNOV, Vitaliy Victorovich., student, Samara National Research University

DAVYDOV, Danila Petrovich., Senior Lecturer, Samara National Research University.