

*Е.Н. Каблов, Д.В. Сиваков, И.Н. Гуляев,
К.В. Сорокин, М.Ю. Федотов, В.А. Гончаров*

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Рассмотрены специфические аспекты при исследовании свойств композиционных материалов с интегрированными актюаторными системами. Описано использование дополнительного специального оборудования, такого как спектрометр для определения характеристик волоконно-оптических брэгговских решеток и лазерно-триангуляционной измерительной системы при исследовании возникновения и изменения деформационно-напряженного состояния, а также изменения геометрического профиля образцов из композиционного материала.

Ключевые слова: *композиционный конструкционный материал, пьезоэлектрический актюатор, волоконно-оптический сенсор.*

Композиционные материалы – это особый класс материалов, и подход к их исследованию отличается от привычных подходов. Структура композиционных материалов позволяет на стадии их создания определить схему армирования, последовательность и количество различных слоев материала [1]. В такие материалы могут быть интегрированы электромеханические элементы, так называемые актюаторные системы. Под электромеханической актюаторной системой подразумевается система, преобразующая электрическую энергию в механическую, т. е. она способна под действием электрического тока изменять свои габаритные размеры.

Среди электромеханических актюаторных систем одними из наиболее интересных – с практической точки зрения – являются пьезоэлектрические [2], выполненные в виде цельных элементов или многослойных наборных элементов, а также групп многослойных элементов, объединенных в одну систему.

Описанные выше электромеханические системы предназначены для изменения деформационно-напряженного состояния конструкций из полимерного композиционного материала (ПКМ). При расположении актюаторных систем в приповерхностной области композиционного материала возможно изменение геометрического профиля поверхности.

В данной статье будут рассмотрены специфические аспекты, с которыми можно столкнуться при исследовании свойств композиционных материалов с интегрированными актюаторными системами, а рассмотрение классических методов определения механических свойств будет опущено.

Исследование конструкционных композиционных материалов с интегрированными электромеханическими актюаторными системами условно можно разделить на две части:

- исследование возникновения и изменения деформационно-напряженного состояния образцов из конструкционного композиционного материала;
- исследование изменения геометрического профиля образцов из конструкционного композиционного материала.

Исследование изменения деформационно-напряженного состояния образцов из конструкционного композиционного материала

Исследования по определению изменения деформационно-напряженного состояния могут быть проведены с использованием волоконно-оптических брэгговских

решеток [3], расположенных между монослоями конструкционного композиционного материала. Изменение деформационно-напряженного состояния также может быть определено посредством измерения деформаций на поверхности исследуемого образца, но для конструкционных композиционных материалов с большим числом слоев данный способ не может быть применен по причине отсутствия деформаций величиной 3 мкм, которые могут быть зарегистрированы посредством лазерно-триангуляционной системы.

Для определения спектров в сенсорах деформации используется следующее оборудование:

- мини-спектрометр I-MON-USB (фирма «Ibsen Photonics», Дания);
- источник лазерного излучения в диапазоне длин волн от 1520 до 1585 нм;
- оптический циркулятор или разветвитель (использование разветвителя снижает уровень сигнала в 4 раза);
- персональный компьютер с установленным драйвером для подключения мини-спектрометра I-MON-USB;
- оптический разъем, позволяющий обеспечить пропускание сигнала не менее 80%.

Структурная схема оборудования приведена на рис. 1.

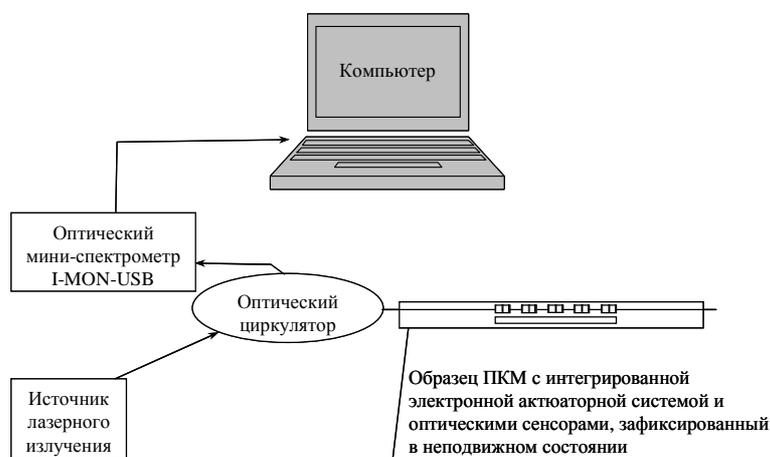


Рис. 1. Структурная схема оборудования для определения спектров в сенсорах деформации

При исследовании деформационно-напряженного состояния при помощи волоконно-оптических брэгговских решеток необходимо определить относительное изменение значений длин волн пиков брэгговских решеток, т. е. при отсутствии поданного актюирующего напряжения и при различных его значениях. Полученные значения пересчитать в значение деформаций при помощи формул, описанных в разработанной методике.

Одним из отличительных моментов при проведении данных исследований является то, что при подаче актюирующего напряжения на контакты электромеханической актюирующей системы возможно несколько случаев проявления данного воздействия:

- волоконно-оптический сенсорный элемент расположен в непосредственной близости от актюирующей системы и не далее 2–3 монослоев. При этом будет отчетливо построена кривая возникновения внутреннего напряженно-деформированного состояния;
- волоконно-оптический сенсорный элемент расположен на некотором удалении от актюирующей системы, но не далее 2–3 монослоев. В данном случае возможно и отсутствие реакции на некоторые уровни поданного актюирующего напряжения;
- волоконно-оптический сенсорный элемент расположен в непосредственной близости от актюирующей системы, но на расстоянии более 5–7 монослоев. При такой компоновке, вероятнее всего, не будет зарегистрировано деформационно-напряженное

состояние, так как при таком удалении не будет возникать данного воздействия. Возможно, при наличии очень мощных актюирующих систем даже при данной компоновке будет возможным зарегистрировать изменение в деформационно-напряженном состоянии, однако в данной статье уже описано, что при таком типе закладки актюирующих элементов воздействие происходит только локальное, и зачастую без проявления внешних признаков.

Исследование изменения геометрического профиля образцов из конструкционного композиционного материала

Исследования изменения геометрического профиля образцов из конструкционного композиционного материала целесообразно проводить путем определения расстояния каждой из точек на поверхности исследуемого образца до объекта, расположенного неподвижно в пространстве, либо перемещающегося в определенной плоскости, параллельной плоскости образца. Наибольший практический результат возможно получить при наличии лазерно-триангуляционного сканирующего датчика, перемещаемого с определенным шагом в плоскости, параллельной плоскости исследуемого образца. Наличие электромеханического актюирующего элемента в приповерхностной области конструкционного композиционного материала на глубине нескольких монослоев позволяет изменить картину геометрического профиля посредством подачи актюирующего напряжения на него.

Для определения геометрического профиля образцов из конструкционных ПКМ была применена лазерно-триангуляционная измерительная система, в состав которой входит следующая аппаратура:

- лазерный сканер серии РФ620 (Беларусь);
- трехкоординатная система перемещения на базе фрезерного станка ЭСКУ-3.0;
- персональный компьютер с установленным драйвером для подключения лазерного датчика.

Структурная схема лазерно-триангуляционной измерительной системы приведена на рис. 2.

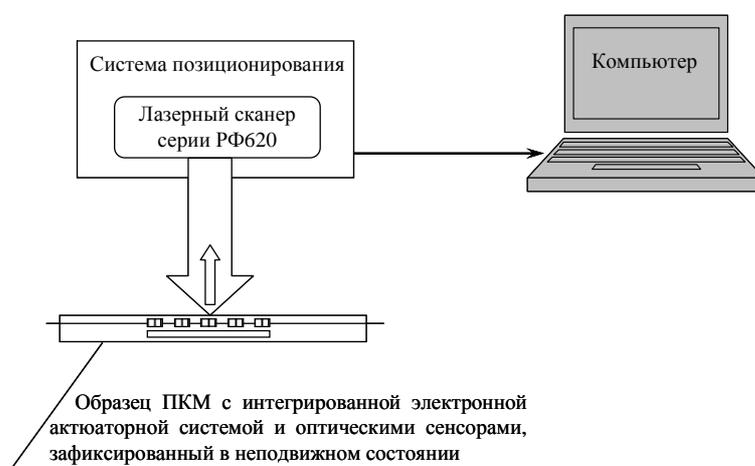


Рис. 2. Структурная схема лазерно-триангуляционной измерительной системы

При исследовании изменения геометрического профиля образцов из конструкционного ПКМ с интегрированной электромеханической актюаторной системой, расположенной в приповерхностной области исследуемых образцов, необходимо определить величину отклонения множества его точек на поверхности. Расстояние множества точек на поверхности образца от плоскости сканирующего датчика следует определять при различных значениях поданного актюирующего напряжения на электромеханическую актюаторную систему. Точность определения при исследованиях в направлении отклонения не должна превышать 5 мкм, так как при использовании многослойной пьезокерамики значения перемещения обычно не превышают 5–10 мкм.

С практической точки зрения наиболее интересными являются не сами значения расстояний множества точек на поверхности исследуемых образцов, а значения разности этих расстояний относительно исходного положения множества этих точек при различных значениях поданного актюирующего напряжения.

Представление данных в виде графиков сечений или цветовых палитр не влияет на информативность, а только позволяет исследователю почувствовать прошедшие изменения при воздействии электромеханической актюирующей системы на приповерхностную область конструкционного ПКМ.

Таким образом, при исследовании специфических свойств конструкционных ПКМ необходимо использование дополнительного специального оборудования, такого как спектрометр для определения характеристик волоконно-оптических брэгговских решеток и лазерно-триангуляционной измерительной системы. В зависимости от расположения электромеханической актюирующей системы в составе конструкционного ПКМ необходимо использовать различные методы исследования или, возможно, их комбинацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уорден К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. М.: Техносфера. 2006. 223 с.
2. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики. М.: Техносфера. 2006. 628 с.
3. Удд Э. Волоконно-оптические датчики. М.: Техносфера. 2008. 518 с.

УДК 678.7

*Г.Н. Петрова, Т.В. Румянцева,
Д.Н. Перфилова, Э.Я. Бейдер, В.И. Грязнов*

ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТЫ – НОВЫЙ КЛАСС ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассматриваются эксплуатационные свойства разработанных во ФГУП «ВИАМ» двух марок термоэластопластов, полностью отвечающих требованиям АП-25 по горючести:

- ВТЭП 1-Л – с повышенной атмосферостойкостью;
- ВТЭП 2-Л – с улучшенными электроизоляционными характеристиками.

Разработанные материалы перерабатываются в изделия литьем под давлением и рекомендуются для частичной замены резин.

Ключевые слова: термоэластопласт, резина, уплотнения, динамическая вулканизация, атмосферостойкость, электроизоляционные свойства, ударостойкость, пожаробезопасность, переработка литьем под давлением и экструзией.

В настоящее время широко используются и активно исследуют многокомпонентные полимерные смеси и сплавы, при создании которых имеется потенциальная возможность сочетания требуемых качеств каждого компонента смеси в конечном продукте [1, 2].

В последние годы в ряду многокомпонентных полимерных систем наибольшее развитие получили материалы, относящиеся к классу смесевых термопластичных эластомеров – термоэластопласты (ТЭП). Термоэластопласты находят применение в тех же областях, где и традиционная резина: для изготовления уплотнений агрегатов пневмо-, гидро- и топливных систем, оболочек электрических кабелей, вибропоглощающих и других деталей. Однако по сравнению с традиционными резинами ТЭП имеют более низ-