

Редакционная колонка — личное мнение

DOI: 10.32864/polymmattech-2018-4-4-5-5

Применение лазерного ультразвука для исследования и диагностики полимерных композиционных материалов, армированных волокнами

В. П. Сергиенко, В. В. Кожушко⁺

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

В настоящее время всё актуальнее становятся работы, направленные на создание новых методов неразрушающего контроля (НК) показателей качества полимерных композитов, армированных высокомодульными волокнами (ПКВВ), и изделий из них. При наличии дефектов структуры разрушение композитов под действием статических и динамических нагрузок может происходить очень быстро, поэтому важно обнаружить мельчайшие неоднородности, вызванные нарушением сплошности материала (механические микроповреждения волокон, межфазные расслоения, микротрещины и т. д.) Применение традиционных ультразвуковых (УЗ) методов НК для исследования ПКВВ приводит к большим погрешностям ввиду значительной пространственной неоднородности свойств полимерной матрицы и волокон, приводящей к сильному рассеянию зондирующих импульсов и потерям высокочастотной части спектра сигналов. Кроме того, ПКВВ проявляют анизотропию акустических свойств, поскольку скорость ультразвука вдоль волокон и поперёк отличается в разы.

Разрешающая способность акустических методов контроля связана с возможностью обнаружения структурных дефектов определенных размеров. В традиционных методах УЗ контроля из-за сильного рассеяния зондирующего акустического сигнала разрешающая способность составляет несколько миллиметров. В то же время применение оптико-акустического преобразования с использованием лазерных источников для возбуждения зондирующих УЗ импульсов в диапазоне частот от 0,1 до 10,0 МГц позволяет существенно увеличить разрешающую способность для проведения диагностики и контроля. Лазерное излучение подводится по оптоволокну к оптико-акустическому преобразователю, в котором возбуждается прецизионный широкополосный УЗ импульс длительностью несколько десятков наносекунд. Импульс передаётся в объект контроля через тонкий слой жидкости, обеспечивающий акустический контакт. Рассеянное на неоднородностях, в том числе дефектах, УЗ излучение возвращается к тонкоплёночному пьезоэлектрическому приёмнику. Достигнутая разрешающая способность метода меньше 0,1 мм при глубине исследования до 40 мм. (Ю. Г. Соколовская, А. А. Карабутов // Конструкции из композиционных материалов. 2018, №1 (149), с. 56).

В США разработано полностью бесконтактное оптико-акустическое устройство для исследования струк-

туры ПКВВ. (I. Pelivanov [et al.] // Photoacoustics. 2016, vol. 4, p. 55). Преимущества бесконтактного метода очевидны: отсутствие жидкости и пятна контакта позволяет диагностировать более мелкие объекты. Возбуждающее оптическое излучение через волокно подается непосредственно на поверхность контроля, где возникают УЗ импульсы, распространяющиеся в объём образца. Для регистрации рассеянного УЗ излучения используют лазерный интерферометр Саньяка, нечувствительный к внешним возмущениям и позволяющий регистрировать УЗ импульсы в полосе частот до 10 МГц.

Применение методов лазерного УЗ не ограничивается задачами диагностики: его эффективно применяют для определения механических характеристик материалов, таких как модули упругости, и особенностей микроструктуры, например, пористости. Так, в ИММС НАН Беларуси развиваются оптико-акустические методы НК механических свойств композитов иммерсионными и бесконтактными методами (V. V. Kozhushko, V. P. Sergienko, Y. N. Mirchev, A. N. Alexiev // Non-destructive Testing and Repair of Pipelines. Springer, 2018, p. 209). Разработана иммерсионная методика измерения скорости продольных УЗ импульсов в ПКВВ преобразователем на основе полимерной плёнки, обеспечивающая пространственное разрешение менее 0,1 мм. Реализована конструкция фокусированного плёночного преобразователя, элементы акустического тракта которого выполнены по аддитивной технологии. Это позволяет локализовать пространственную чувствительность приемника, улучшить его поперечное разрешение и увеличить отношение сигнал-шум.

Таким образом, лазерный УЗ может быть использован не только как инструмент НК, но и как высокоточный метод контроля механических характеристик высоконаполненных композиционных материалов.



Сергиенко В. П. — к.т.н.,
доцент, член редсовета



Кожушко В.В. —
к.ф.-м.н.

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: vkozhushko@mpri.org.by