

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ

OVERVIEW OF MODERN MATERIAL TESTING METHODS

Авторы: Каспарьян Валерия Кирилловна (Пермский национальный исследовательский политехнический университет)

Аннотация: Каждый день появляются новые материалы с улучшенными характеристиками, такими как плотность, прочность, жесткость, коэффициент линейного температурного расширения и другие. Для того, чтобы определить, где и как эффективней их использовать необходимы новые методы испытаний и исследования материалов. В статье представлен обзор современных методов испытаний материалов, которые использует как в России, так и за рубежом.

Ключевые слова: методы испытаний, механика, деформирование, разрушение, неразрушающие методы контроля.

Annotation: Every day, new materials appear with improved characteristics such as density, strength, stiffness, linear thermal expansion coefficient, and others. New testing methods and materials research are needed to determine where and how they are more effective. The article provides an overview of modern methods of testing materials used both in Russia and abroad.

Keywords: test methods, mechanics, deformation, destruction, non-destructive test methods.

В современном мире каждый день ученые мирового масштаба трудятся над новыми, улучшенными материалами. Чтобы знать, где и как их эксплуатировать, нужно уметь определять их свойства в разных условиях. С появлением новых материалов, появляются также новые методы испытаний этих материалов. На сегодняшний день современное испытательное оборудование может создать условия для различных видов нагружения на образец: кручение, растяжение и сжатие, сложное нагружение (растяжение-сжатие + кручение), двухосевое растяжение и сжатие, сложное напряженное состояние, воздействие экстремально низких и высоких температур, агрессивных сред и иных физико-химических факторов [4].

Для того чтобы изучить принципы деформирования и разрушения материалов, элементов и узлов конструкций в разнообразных условиях, нужно обязательно воспользоваться методами механических испытаний, а также соответствующим испытательным оборудованием: сервогидравлическая, электромеханическая, электродинамическая, ударная испытательная установка, средства регистрации полей деформаций и температур, а также сигналов акустической эмиссии [3].

На сегодняшний день имеется огромное количество различных по своей сути методов исследований механических свойств материалов. Например, изучая эквивалентные напряжения, которые обнаруживаются при индентировании, возможно оценить механические свойства поверхности методом «Скретч-тест» [12]. Также,

широко исследуется актуальное направление встроенного контроля состояния материалов на основе волн Лэмба, который, анализируя полученные экспериментальные данные по контролю состояния стеклопластиковых композиционных материалов (КМ) при циклическом одноосном растяжении, позволяет сделать вывод о том, когда происходит разрушение, а также позволяет выявить стадии накопления дефектов в композиционных материалах [7]. Также одним из многообещающим методов исследований является метод акустической эмиссии, который стал широко использоваться не так давно. В статье [13] рассматривается влияние свойств обрабатываемого композиционного материала на акустическую эмиссию. Авторами статьи был выполнен анализ и моделирование сигналов акустической эмиссии при механической обработке, получена зависимость сигналов акустической эмиссии от свойств поверхностного слоя композиционного материала, которой подвергли разрушению, для механической модели акустического излучения. Исходя из результатов, авторы делают вывод, что возрастание значения параметра, который они определяли исходя из свойств материала, приводит к падению амплитудных характеристик акустической эмиссии.

Неразрушающие методы контроля качества деталей широко применяются в авиа-, ракето- и судостроении наряду с другими мероприятиями по обеспечению безопасной эксплуатации изделий в определенной отрасли. Полимерные композиционные материалы (ПКМ), а также другие неметаллические материалы, и конструкции из них требуют применения особенных методов контроля. Такие особенные методы как ультра-звуковой эхо-импульсный метод контроля, ручной и автоматизированный контроль эхо-импульсным методом, ручной ультра-звуковой контроль с использованием фазированных решеток, лазерно-ультра-звуковой контроль, ультра-звуковой теневой метод контроля, ручной и автоматизированный теневой контроль, импедансный метод, ударно-акустический метод, метод простукивания – так называемые акустические методы неразрушающего контроля. Неразрушающий контроль очень удобен для многослойных конструкций (пакетов) и изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ) [6]. Наряду с акустическими, широко используются оптические методы неразрушающего контроля. К оптическим методам исследований полей деформаций при разрушении относят такие методы как: методы, основанные на явлении фото-упругости, методы муаровых полос, голографическая и лазерная спекл-интерферометрия, теневой оптический метод каустик, а также метод корреляции цифровых изображений [5].

В некоторых случаях удобно использовать динамические методы испытаний. Часто используются такие методы, как метод Тейлора, метод прямого удара, метод Кольского и его модификации. По мнению авторов статьи [2], самым оправданным и обладающим наибольшим разнообразием испытаний из всех динамических испытаний является метод Кольского. Также авторами статьи прокомментировано современное состояние методов испытаний материалов разнородной физической сущности при скоростях деформации $10^2 - 10^4 \text{ с}^{-1}$, рассматриваются наиболее фундаментальные и распространенные методы, а также системы экспериментальных установок, используемые для их реализации. Подвергаются анализу сложности проведения динамических экспериментов и обработки получаемых данных, связанные с неоднородностью напряженно-деформированного состояния (НДС) образца, а также

влияние на получаемые свойства инерционных сил и сил трения.

Немаловажно определять поля деформаций в широкой области температур при нагружении элементов конструкции. В статье [1] приводится анализ часто используемых методов термомеханических испытаний и соотнесение полученных результатов определения температуры стеклования композитов разными методами. Проведено исследование алгоритма определения теплостойкости по Мартенсу, алгоритма испытаний, который основан на исследовании трехточечного и продольного изгиба и крутильных колебаний, алгоритма основанного на международных стандартах: термомеханический анализ по ISO 11359-2:1999, дифференциальная сканирующая калориметрия по ISO 11357-2:1999, динамический механический анализ по ASTM D4065. Все перечисленные выше методы являются широко известными методами термомеханических испытаний. В статье [10] разработан алгоритм, который позволил на практике определить значения прочностных и упругих характеристик при сжатии композиционных материалов на основе терморасширенного графита в диапазоне рабочих температур.

Проблема оценки критических параметров разных моделей поднимается авторами статьи [9]. Они доказывают, что нельзя ограничиваться экспериментами только на одноосное нагружение, так как взаимодействие различных комбинаций циклически изменяющихся напряжений может немаловажным образом влиять на долговечность конструкционных сплавов, именно поэтому немаловажно также нагружать многоосно. Эта проблема приводит к необходимости разработки новых методик экспериментальных исследований. В [8] предложен облегченный метод испытания материалов при двухосном нагружении на основе применения авторской конструкции. Интеграция в практическое применение метода производится на основе лабораторной установки, которая состоит из образца авторской формы и опорных элементов, необходимых для достижения предсказанного эффекта, также авторами создана и проанализирована модель предлагаемой установки на основе метода конечных элементов (МКЭ), показаны результаты вычислительного эксперимента, подтверждающие двухосное деформирование в рабочей зоне образца.

С появлением новых методов испытаний, встает вопрос об их стандартизации. В статье [14] проведен комплексный анализ разработанных за последние годы стандартов ГОСТ и ГОСТ Р, согласованные с зарубежными стандартами по испытаниям полимерных композиционных материалов. Авторами рассмотрены существующие противоречия в наименовании стандартов, так как стандарты были разработаны за очень короткий срок, а также их особенности, области применения стандартов, обозначения определяемых показателей и другое.

Таким образом, в статье приведен обзор современных методов исследования материалов, которые активно используются как в России, так и за рубежом.

Работа выполнена по НИРС. [11]

Библиографический список:

1. Blaznov A. N., Atjasov E. V., Samojlenko V. V. Analiz metodov termomehanicheskikh

- ispytaniy kompozitnykh materialov i sravnenie rezul'tatov // Juzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik. - 2017. - №1(17). - S. 54-69.
2. Bragov A. M., Kadoni Je., Krushka L. Sovremennye metody dinamicheskikh ispytaniy materialov // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im.N.I. Lobachevskogo. - 2011. - №4(5). - S. 2039-2040.
3. Vil'deman V. Je. Jeksperimental'nye metody issledovaniy mehanicheskogo povedeniya konstrukcionnykh materialov pri slozhnykh termomehanicheskikh vozdeystviyah // Ajerokosmicheskaja tehnika, Vysokie tehnologii i Innovacii. - 2017. - t.1. - S. 51-59.
4. Mehanika materialov. Metody i sredstva jeksperimental'nykh issledovaniy / Vil'deman V. Je., Babushkin A. V., Tret'jakov M. P., Il'inyh A. V., Tret'jakova T. V., Ipatova A. V., Slovikov S. V., Lobanov D. S., - Perm': Izdatel'stvo Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta, 2011. - 164 s.
5. Gerasimova T. E. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij, poluchaemykh pri ispol'zovanii interferencionno-opticheskikh metodov mehaniki deformiruемого твердого тела // Vestnik SamGU. - 2015. - №3(125). - S. 73-87.
6. Dalin M. A. Obzor sovremennykh akusticheskikh metodov nerazrushajushhego kontrolja polimernykh kompozicionnykh materialov, primenjaemykh v Rossii i za rubezhom pri izgotovlenii i jekspluatacii izdelij aviacionnoj tehniki // Novosti Materialovedeniya. Nauka i Tehnika. - 2014. - №1. - S. 3.
7. Eremin A. V., Panin S. V., Bjakov A. V., Sunder R. Ocenka mehanicheskogo sostojaniya kompozicionnykh materialov pri ciklicheskih ispytaniyah akusticheskim metodom na osnove voln Ljemba // Mehanika, resurs i diagnostika materialov i konstrukcij. - Ekaterinburg: IMASh UrO RAN, 2016. - S. 244-245.
8. Zen'kov E. V. Razrabotka i vnedrenie v praktiku metoda ispytaniya materialov pri dvuhosnom nagruzhении // Vestnik IrGTU. - 2015. - №10(105). - S. 50-56.
9. Il'inyh A. V., Vil'deman V. Je., Tret'jakov M. P. Jeksperimental'noe issledovanie mehanicheskogo povedeniya konstrukcionnykh splavov pri dvuhosnom ciklicheskom nagruzhении // Vestnik PNIPU. - 2017. - №51. - S. 115-123.
10. Karaev D. M., Hanov A. M., Degtjarev A. I., Makarova L. E., Smirnov D. V., Isaev O. Ju. Razrabotka metoda mehanicheskikh ispytaniy kompozicionnykh materialov na osnove termorasshirennogo grafita v diapazone rabochih temperatur // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskogo akademija nauk. - 2012. - t.14, №1(2). - S. 562-564.
11. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju nauchno-issledovatel'skoj raboty dlja studentov bakalavriata po napravleniju 22.03.01 «Materialovedenie i tehnologii materialov» / E. Ju. Makarova, Ju. V. Sokolkin, A. A. Chekalkin. - Perm': Izdatel'stvo PNIPU, 2017. - 39 s.
12. K. S. Selivanov Ocenka prochnosti materiala poverhnosti pri ego ispytanii metodom "Skretch-test" // Vestnik UGATU. - 2015. - №19. - S. 100-106.
13. Filonenko S. F. Vlijanie svojstv obrabatyvaемого kompozicionnogo materiala na akusticheskiju jemissiju // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovykh tehnologij. - 2015. - №5(74). - S. 60-64.
14. Shershak P. V. Osobennosti nacional'noj standartizacii metodov ispytaniy polimernykh kompozicionnykh materialov // Trudy VIAM. - 2019. - №2(74). - S. 77-88.