

СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ НА СТАНДАРТНОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Зеньков Е.В.

Иркутский государственный университет путей сообщения, г.Иркутск

Ключевые слова: прочностные характеристики, лабораторный образец, конструкционная прочность, испытательная машина.

Аннотация. Подчеркивается важность определения прочностных характеристик материалов, испытываемых при сложном напряженно-деформированном состоянии (НДС), в частности при двухосном НДС. В случае двухосного НДС, характеризуемого различным соотношением главных напряжений в очаге возможного разрушения, возникает необходимость определения прочности материала в зависимости от соотношения главных напряжений, что является достаточно сложной технической задачей. Для получения необходимого двухосного НДС предлагается относительно простой способ, реализующий испытание до разрушения дискового образца специальной формы на стандартной испытательной машине с одним силовым приводом. Дается подробное описание дискового образца и схемы его деформирования.

METHOD FOR RESEARCH CONSTRUCTION STRENGTH OF MATERIALS ON STANDARD TESTING EQUIPMENT

Zenkov E.V.

Irkutsk State Transport University, Irkutsk

Keywords: strength characteristics, laboratory sample, structural strength, testing machine.

Abstract. The importance of determining the strength characteristics of materials tested under a complex stress-strain state (SSS), in particular at biaxial SSS, is emphasized. In the case of biaxial stress-strain state, characterized by a different ratio of the principal stresses in the seat of possible failure, it becomes necessary to determine the strength of the material depending on the ratio of the principal stresses, which is a rather complex technical problem. To obtain the required biaxial stress-strain state, a relatively simple method is proposed, which implements a fracture test of a disc specimen of a special shape on a standard testing machine with one power drive. A detailed description of the disk sample and the scheme of its deformation is given.

Как известно, прочностные характеристики материалов определяют из испытания стандартных лабораторных образцов до разрушения [1]. При этом указанные образцы испытывают, как правило, в условиях одноосного растяжения. Критерием разрушения образцов в этом случае является предельное значение величины первого главного напряжения σ_1 . Экспериментальное определение этого значения не представляет технических сложностей, поэтому является основным способом получения прочностных характеристик различных материалов.

В случае сложного напряженно-деформированного состояния (НДС), в частности двухосного НДС, характеризуемого различным соотношением главных напряжений в очаге возможного разрушения, в качестве критерия разрушения материала принимают предельное значение эквивалентного напряжения $\sigma_{эkv}$, соответствующего той или иной теории или гипотезе прочности [2, 3]. Наиболее широкое практическое применение получила гипотеза (критерий) прочности – интенсивность напряжений σ_i , определяемый соотношением

$$\sigma_{эkv} = \sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}. \quad (1)$$

Проблемой, возникающей при экспериментальном исследовании сопротивления статическому разрушению в лабораторных условиях, является трудность создания в соответствующих лабораторных образцах двухосного НДС, характеризуемого различным соотношением положительных компонент главных напряжений, как наиболее опасного с точки зрения зарождения и развития дефектов. В настоящее время для моделирования двухосного НДС могут использоваться либо испытательные машины с двумя и более силовыми приводами, создающие главные напряжения в трубчатых или крестообразных образцах независимо [4]. С этой же целью могут использоваться специальные приспособления, используемые на стандартном оборудовании и преобразующие одноосное силовое воздействие испытательной машины посредством рычагов, соединенных с крестообразным или прямоугольным образцом, в систему сил, действующих на образец по двум взаимно перпендикулярным направлениям. В последнем случае происходит не только усложнение процесса испытаний, но и внесение погрешности, связанной с учётом влияния податливости в сочленениях элементов рычажного механизма. Таким образом, разработка более простых схем испытаний, позволяющих моделировать двухосное НДС в материале лабораторных образцов, и проводить соответствующую оценку конструкционной прочности от различного соотношения главных напряжений, является актуальной научно-технической задачей.

Для получения необходимого двухосного НДС предлагается использовать относительно более простой способ [5], реализующий испытание до разрушения лабораторного образца специальной формы [6].

Для испытания до разрушения такого образца нет необходимости использования нестандартных испытательных машин и сложной оснастки в виде рычажных механизмов. Конструктивная форма указанного дискового образца и схема его нагружения приведены на рисунке 1.

Усеченный дисковый образец [6] снабжен краевым надрезом 4 (канавкой), расположенным на поверхности опирания 2 и имеет усечение 6. Краевой надрез 4 образца представляет собой канавку, которая имеет в поперечном сечении V-образную форму, симметричную относительно плоскости, перпендикулярной срединной поверхности геометрии образца 1. В процессе механических испытаний дискового образца он опирается своим

внешним контуром 3 на кольцевую опору 7. В центральной части образца к его поверхности нагружения 5 прикладывается поперечное испытательное усилие 8, распределенное по поверхности круговой формы 9. Под действием этой силы на поверхности радиуса скругления 10, которая является рабочей зоной канавки 4 на оси вращения образца возникает двухосное НДС.

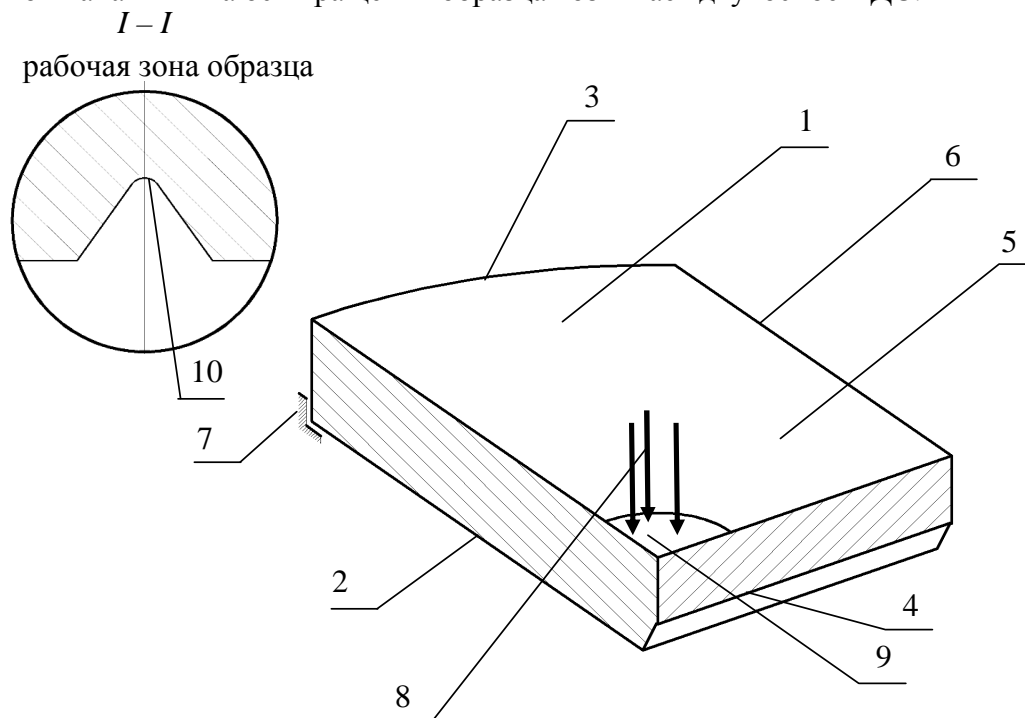


Рис. 1. Конструктивная схема дискового образца (четверть образца, высеченная из него двумя плоскостями симметрии)

Как показали результаты численного моделирования НДС, уровень значений интенсивности напряжений σ_i в рабочей зоне имеет максимальное значение для дискового образца в целом. По этой причине очаг разрушения указанного образца локализуется в средней его части на поверхности радиуса скругления 10 (см. рис. 1). Предварительные численные результаты НДС, полученных методом конечных элементов в системе Femap, показывают, что для предложенного дискового образца варьирование его геометрического параметра – усечения дискового образца – позволяет моделировать различные соотношения двухосного растяжения. Это позволяет применять предложенные образцы для оценки статической и усталостной прочности материала несущих элементов различных конструкций, находящихся в условиях сложного НДС, характеризуемого двухосным растяжением.

Список литературы

1. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение. – Введ. 01.01.86. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 24 с.
2. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. Отв. ред. Писаренко Г.С. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наук. думка, 1988. – 736 с.

3. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. – Киев: Наукова думка, 1976. – 416 с.
4. Гагарин Ю.А., Пичков С.Н. Исследование поведения дефектов в полях растягивающих и сжимающих напряжений // Проблемы прочности и пластичности. Межвузовский сборник. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2000. – С. 11 – 16.
5. Zenkov E.V. 2018 Update of the equations of the limit state of the structural material with the realization of their deformation // Journal of Physics: Conference Series 944 012128 (DOI: 10.1088/1742-6596/944/1/012128).
6. Патент №2734276 РФ. Дисковый образец для оценки конструкционной прочности материала / Л.Б. Цвик, Е.В. Зеньков, И.С. Бочаров, Д.А. Еловенко. – №2019133638; заявл. 22.10.2019; опубл. 14.10.2020, Бюл. №5.

References

1. GOST 1497-84. Metals. Tensile test methods. – Introduction. 01.01.86. – М.: Publishing house of standards, 2006.– 24 p.
2. Pisarenko G.S., Yakovlev A.P., Matveev V.V. Handbook on the strength of materials. Resp. ed. Pisarenko G.S. – 2nd ed., Rev. and add. – Kiev: Nauk. dumka, 1988. – 736 p.
3. Pisarenko GS, Lebedev A.A Deformation and strength of materials in a complex stress state. – Kiev: Naukova Dumka, 1976. – 416 p.
4. Gagarin Yu.A., Pichkov S.N. Investigation of the behavior of defects in tensile and compressive stress fields // Problems of Strength and Plasticity. Interuniversity collection. – Nizhny Novgorod: Publishing house of NNSU, 2000. – P. 11-16.
5. Zenkov E.V. 2018 Update of the equations of the limit state of the structural material with the realization of their deformation // Journal of Physics: Conference Series 944 012128 (DOI: 10.1088/1742-6596/ 944/1/012128).
6. Pat. №2734276 RU. Disk sample for assessing the structural strength of the material / L.B. Tsvik, E.V. Zenkov, I.S. Bocharov, D.A. Elovenko. – №2019133638; declared 22.10.2019; publ. 14.10.2020, Bul. No. 5.

Сведения об авторах:

Зеньков Евгений Вячеславович – кандидат технических наук, доцент кафедры управления качеством и инженерной графики, Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия, jovanny1@yandex.ru

Information about authors:

Zenkov Evgeniy Vyacheslavovich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Quality Management and Engineering Graphics, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia, jovanny1@yandex.ru

Получена 25.03.2021