ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/328

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ СТАЛЕЙ ПРИ
ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ**

¹Ведерникова А.И., ¹Плехов О.А., ²Брагов А.М.

¹*Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь, Россия*

²*Научно-исследовательский институт механики ННГУ, Нижний Новгород, Россия*

За последние десятилетия значительно увеличился интерес к развитию простых инженерных критериев, способных адекватно оценивать момент разрушения металлов при динамическом нагружении. Эти критерии должны запрашивать короткую и недорогую экспериментальную программу и позволять оценивать прочность конструкций с концентраторами напряжений. На сегодняшний день было предложено множество различных критериев для описания динамических эффектов, среди них можно отметить критерий минимального времени Шоки-Кальтхоффа [1], импульсный критерий Никифоровского-Шемякина [2], критерий инкубационного времени Петрова-Морозова [3] и др. Одним из перспективных подходов к оценке прочности материалов является теория критических дистанций [4], включающая в себя группу методов (метод точки, метод линии, метод площади), согласно которым оценка прочности при квазистатических нагрузках может быть произведена путем последующей обработки линейно-упругого поля напряжений в так называемой «зоне процесса». Поскольку механический отклик, механические свойства и поведение металлических материалов с концентраторами напряжений, подвергнутых динамическому нагружению, отличаются от наблюдаемых при квазистатическом нагружении, совместно с английскими коллегами авторами была предложена модификация теории критических дистанций на случай динамического нагружения [5], основанная на степенных зависимостях предела прочности и критической дистанции от скорости деформации/нагружения.

Данная работа посвящена верификации динамической теории критических дистанций на основе экспериментальных данных по одноосному растяжению стальных образцов с концентраторами напряжений (08X18H10T, 20X13 и Ст3) при скоростях деформирования 10^{-3} - 10^3 с⁻¹. Механические испытания на растяжение при высоких скоростях деформирования (10^3 с⁻¹) были проведены в НИИ механики ННГУ и получены с использованием экспериментальной установки, реализующей метод РСГ (схема испытаний на растяжение согласно модификации Николаса [6]). Для получения диаграмм деформирования материала при скоростях деформации $\sim 10^{-3}$ - 10^{-2} с⁻¹ в ИМСС УрО РАН использовалась стандартная электромеханическая испытательная машина «Shimadzu AG-X Plus» и видеоэкстензометр TRViewX240S f12.5. Цилиндрические образцы с двумя разными типами концентраторов напряжений были использованы: U-образные надрезы с радиусом концентратора 1 мм, V-образные надрезы с радиусом концентратора 0.25 мм, а также гладкие образцы без концентраторов напряжений.

Для оценки точности ТКД при прогнозировании прочности стальных образцов с концентраторами напряжений при квазистатическом и динамическом нагружениях соответствующие поля напряжений в вершине концентраторов напряжений были построены с помощью коммерческого конечно-элементного программного обеспечения Abaqus. Независимо от рассматриваемой скорости нагружения/деформации исследуемые материалы подчинялись линейно-упругому определяющему соотношению. Проведенные исследования подтвердили, что ранее предложенная модификация ТКД на случай динамического нагружения дает хорошие оценки динамической прочности стальных образцов с концентраторами напряжений. Оцененные значения эффективных напряжений для скоростей деформации 10^{-3} - 10^3 с⁻¹, полученные с использованием метода точки, метода линии и метода площади ТКД, имеют погрешность в оценке предельной нагрузки не превышающую 20% (см. рис. 1), что является хорошей инженерной точностью. Применение теории критических дистанций позволяет существенно сократить программу экспериментов при определении

Секция 6. Методы и средства неразрушающего контроля материалов и конструкций с иерархической структурой

предельных нагрузок и может быть использовано в качестве метода экспресс-диагностики, позволяющего определить надежность и безопасность эксплуатации конструкций с концентраторами напряжений.

Рис.1. Точность прогнозирования прочности на основе ТКД в терминах скорости деформации для сталей: а) 08X18H10T, б) 20X13, в) Ст3.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 16-48-590148 p_a, 18-31-00293 мол_a.

Литература

1. Kalthoff J.F., Shockey D.A. Instability of cracks under impulse loads // Journal of Applied Physics. 1971. V. 48, No. 3, P.986-993.
2. Nikiforovsky V.S., Shemyakin E.I. Dynamic Failure of solids. – Novosibirsk: Nauka, 1979.
3. Morozov N.F., Petrov Yu.V., Utkin A.A. Fracture at the crack tip in impact loading // Soviet Material Science. 1988. V. 24 (4). P. 397-399.
4. Taylor D. The Theory of Critical Distances: A New Perspective in Fracture Mechanics. - Amsterdam: Elsevier Science Limited, 2007. - 1-306 pp.
5. Yin T., Tyas A., Plekhov O., Terekhina A., Susmel L. A novel reformulation of the Theory of Critical Distances to design notched metals against dynamic loading // Materials and Design. 2015. V. 69. P. 197-212.
6. Nicholas T. Tensile testing of materials at high rates of strain // Experimental Mechanics. 1981. V. 21. P. 177-185.