ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

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

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/323

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА J-ИНТЕГРАЛА
ПО ДАННЫМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА
ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ МАТЕРИАЛОВ**

¹Титков В.В., ^{1,2}Панин С.В., ¹Ерёмин А.В., ¹Любутич П.С., ³Козулин А.А.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

²*Томский политехнический университет, Томск*

³*Томский государственный университет, Томск*

Метод корреляции цифровых изображений (DIC) [1, 2] приобретает все большую популярность за счет своей универсальности, удобства использования, а также возможности получения полноразмерных полей смещений/деформаций по фотографиям поверхности объекта. На основе получаемых полей становится возможным дальнейшее определение требуемых параметров состояния, например таких как, КИН, CTOD, J-интеграл.

J-интеграл, предложенный Райсом в 1968 году [3, 4, 5], определяется как независимый от пути линейный интеграл, который характеризует напряжения и деформации наконечника трещины под действием упругих и / или эластопластических материалов. Согласно определению J-интеграла он является независимым от пути интегрирования и это свойство соблюдается при работе с модельными данными [6], однако в реальном эксперименте за счет ошибок в определении смещений, получаемых методом корреляции цифровых изображений, независимость от пути интегрирования не выполняется [7].

Неопределенность решения задачи выбора контура интегрирования вызвана зашумленностью первичных данных и ошибками определения полей методов DIC. Данная задача может быть решена применением алгоритма постобработки векторных полей и выделения трещины на базе конечных элементов с предварительным расчётом приемлемых отклонений перемещений (рис. 1).

а

б

Рис.1. Поле зоны пластики до (а) и после (б) постобработки.

Было проведено сравнение получаемых результатов J-интеграла с использованием метода корреляции цифровых изображений с данными (табл. 1), рассчитанными согласно стандарту ASTM E 1820 Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness для расчета J-интеграла. Подходы были применены к результатам одноосного растяжения компактного образца (толщиной 10 мм с предварительно пророщенной усталостной трещиной длиной 21.8 мм, рис. 2) из алюминиевого сплава Д16 (модуль упругости сплава равен 71000 МПа, коэффициент Пуассона 0.33, условный предел текучести 286.7 МПа).

Для получения количественной оценки «точности» и помехоустойчивости расчёта J-интеграла предложено использовать следующую расчетную величину:

$$D = \left| \frac{J_{ASTM} - J_{расч}}{J_{ASTM_{max}}} \right| * 100\%,$$

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

где J_{ASTM} – величина J-интеграла полученная согласно стандарту ASTM E 1820 Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness, $J_{расч}$ – рассчитанное значение J-интеграла.

Согласно стандарту ASTM E 1820 Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness были рассчитаны значения J-интеграла. Отклонение величины J-интеграла изменяется от 0.695% до 4.088%, при этом средняя ошибка для используемых величин нагрузки составляет 1.753%, что говорит о применимости метода корреляции цифровых изображений для измерения J-интеграла на практике.

Благодарности. Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований государственных академий наук (2013–2020 гг.) по теме 23.1.3, грантов Президента РФ № МК-6762.2018.9, № НШ-5875.2018.8, № СП-198.2018.4, гранта РФФИ № 18-47-700006, гранта Российского научного фонда № 18-71-00087.

1. G. P. Cherepanov, Advances in Two-Dimensional and Three-Dimensional Computer Vision, Photomechanics, V. 77, 2000, pp. 323–372.
2. M. A. Sutton, J.-J. Orteu, H. Schreier. Image correlation for shape, motion and deformation measurements: basic concepts, theory and applications / Springer, 2009. –321 p.
3. G. P. Cherepanov, The propagation of cracks in a continuous medium, Journal of Applied Mathematics and Mechanics, 31(3), 1967, pp. 503–512.
4. J. R. Rice, A Path Independent Integral and the Approximate Analysis of Strain Concentration by Notches and Cracks, Journal of Applied Mechanics, 35, 1968, pp. 379–386.
5. D. Vavrik, I. Jandjsek, Experimental evaluation of contour J integral and energy dissipated in the fracture process zone, Engineering Fracture Mechanics, V. 129, 2014, pp. 14–25.
6. V.V. Titkov, S.V. Panin, A.V. Eremin, A.A. Kozulin, P.S. Lyubutin, Algorithm for J-integral measurement by digital image correlation method / AIP Conference Proceedings, 2051 (2018) 020305.
7. J. Tracy, A. Waas, S. Daly, Experimental assessment of toughness in ceramic matrix composites using the J-integral with digital image correlation part I: methodology and validation / Journal of Materials Science 50(13) 2015, pp 4646–4658