

ная теплотехника; актуальные вопросы нормирования» Спб, 2008-С.199-207.

3. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий / А.Г. Гагарин // Строительные материалы – М, 2008, - 8. – С.41-47.

4. СТБ 1263- 2001 «Композиции защитно-отделочные строительные. Технические условия».

5. СТБ 1621-2006 «Составы клеевые полимерминеральные. Технические условия».

6. СТБ 2033-2010 «Системы утепления наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений. Штукатурные системы. Методы определения физических характеристик и стойкости к воздействию климатических факторов».

7. ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) « Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования».

8. ТКП 45-3.02-113-2009 (02250) «Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования».

УДК 528.47 (072.8)

КОМПЕКТМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВ ИЗЛОМОВ

МЕЛЬНИК Ю.А., МЕЛЬНИК А.В., СИНИЙ С.В., СУНАК П.О.*

Луцкий национальный технический университет
Восточноевропейский национальный университет им. Леси Украинки*
Луцк, Украина

Для обеспечения надежной работы и предотвращения разрушений строительных конструкций очень важно владеть современными методами инновационных nanoисследований поверхности разрушения материалов и конструкций [1].

Одной из важных проблем фрактографии есть отождествление характера поверхности разрушения (изломов). Для ее решения предложено несколько решений [2-5]. Основным недостатком таких решений является трудоемкость и низкая оперативность, необходимость визуального сопоставления получаемых на дисплее исследу-

емой фрактографической поверхности (изломов) с атласными. Понятно, что такой подход включает элементы субъективизма [2, 6, 7].

Основной целью метода автоматизированной идентификации (отождествления) исследуемых изломов, полученных, например, в процессе импульсного разрушения является использование математического аппарата пространства Гилберта.

Предположим, что у нас ряд фрактографических поверхностей, например изломов, среди которых необходимо идентифицировать отдельно выбранную поверхность (образца). При этом будем считать, что различные фрактографические поверхности в общем виде описываются векторами, которые соответствуют векторам пространства Гилберта, поскольку в пространстве Гилберта существует взаимно однозначное соответствие между набором векторов. В нашем случае - между фрактографическими изображениями и классом M действительных функций действительного переменного, которые определены и ограничены на конечном замкнутом интервале действительной оси. Важные для дальнейших выкладок действия сложения и скалярного умножения в классе M такие: если $\vec{f} = f(g)$ и $\rho = \rho(g)$ принадлежат одному классу, то величина $\vec{r} = \vec{f} + \rho$, где $\vec{r} = f(g)$ при g равному $r(g) = f(g) + \rho(g)$; если C – произвольное действительное число, то величина $\vec{S} = C\vec{f}$, где $\vec{S} = S(g)$ при g равному $S(g) = Cf(g)$. В пространстве Гилберта скалярное произведение определяется так:

$$(f \cdot g) = \int_{g_1}^{g_2} f(g)\rho(g)dg \quad (1)$$

Здесь интеграл является интегралом Римана. При таких условиях M является действительным Гилбертовым пространством.

В описанной модели отдельные поверхности соответствуют векторам в пространстве Гилберта и величины C_1, C_2, \dots, C_n определяют при условии:

$$\vec{x} = \sum_{i=1}^n C_i y_i, \quad (2)$$

где \vec{x} соответствует поверхности, которая распознается, а векторы $\vec{y}_1, \vec{y}_2, \dots, y_n$ отвечают «эталонным» или стандартным поверх-

ностям. Такие задачи часто возникают при идентификации поверхностей импульсного разрушения. На рис. 1 показаны два разных случая импульсного разрушения, числовые характеристики которых получены микрофотограмметрическим методом [7].

Степень совпадения вектора эталонной поверхности \bar{y} может быть измерена косинусом угла α , образованного скалярным произведением векторов поверхностей $(x_i \cdot y_i)$:

$$\cos \alpha = \frac{(x \cdot y)}{|x| \cdot |y|} = \frac{\int_{g_1}^{g_2} x(g)y(g)dg}{\sqrt{\int_{g_1}^{g_2} x^2(g)dg} \sqrt{\int_{g_1}^{g_2} y^2(g)dg}} \quad (3)$$

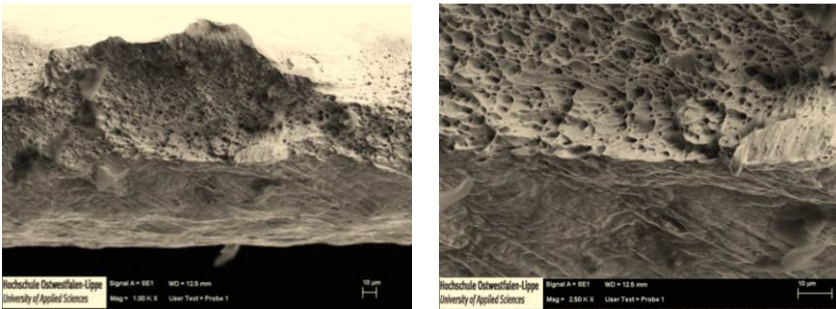


Рис. 1. Микрофотографии излома импульсного разрушения

Выражение (3) - нормализованная функция принятия решения для процедуры итеративной (последовательной) идентификации. Вследствие экспериментальных ошибок уравнения (3) не придерживается точно, поэтому оптимальным критерием будет:

$$\left| x - \sum_{i=1}^n C_i y_i \right|^2 = D + \sum_{i=1}^n C_i E_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_i C_j G_{ij} = \min, \quad (4)$$

где $D = \int_{g_1}^{g_2} x^2(g)dg$; $E_i = -2 \int_{g_1}^{g_2} x(g)y_i(g)dg$;

$$G_{ij} = \int_{g_1}^{g_2} y_i(g) y_j(g) dg; \quad i, j = 1, 2, \dots, n.$$

Классический метод решения задачи (4) по методу наименьших квадратов предполагает, что первые производные функции

$$f(C_1, C_2, \dots, C_n) = \left| x - \sum_{i=1}^n C_i y_i \right|^2$$

по переменным C_1, C_2, \dots, C_n в ми-

нимуме должны быть равными нулю. Величины C_1, C_2, \dots, C_n могут быть определены по методу Зейделя [8], который предусматривает последовательное вычитание стандартных фрактографических поверхностей от идентифицированных (испытываемых). В общем эта процедура описывается треугольной системой уравнений:

$$\begin{aligned} (x - C_1 y_1 \cdot y_1) &= 0, \\ (x - C_1 y_1 - C_2 y_2 \cdot y_2) &= 0, \\ (x - C_1 y_1 - C_2 y_2 - C_3 y_3 \cdot y_3) &= 0, \end{aligned} \tag{5}$$

решение которых задается выражениями:

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{(x \cdot y_1)}{(y_1 \cdot y_1)}; & C_2 &= \frac{(x \cdot y_2)}{(y_2 \cdot y_2)} - \frac{(x \cdot y_1)}{(y_1 \cdot y_1)} \cdot \frac{(y_1 \cdot y_2)}{(y_2 \cdot y_2)}; \\ C_3 &= \frac{(x \cdot y_3)}{(y_3 \cdot y_3)} - \frac{(x \cdot y_1)}{(y_1 \cdot y_1)} \cdot \frac{(y_1 \cdot y_3)}{(y_3 \cdot y_3)} - \frac{(x \cdot y_2)}{(y_2 \cdot y_2)} \cdot \frac{(y_2 \cdot y_3)}{(y_3 \cdot y_3)} + \\ &+ \frac{(x \cdot y_1)}{(y_1 \cdot y_1)} \cdot \frac{(y_1 \cdot y_2)}{(y_2 \cdot y_2)} \cdot \frac{(y_2 \cdot y_3)}{(y_3 \cdot y_3)}. \end{aligned}$$

Приведенная численная иллюстрация алгоритма автоматизированного анализа является достаточно надежной и эффективной.

Выводы. В статье предложен классический строго корректный подход к идентификации фрактографических поверхностей, который имеет важное значение в исследовании процессов разрушения в металловедении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шостак А. В. Применение принципов фрактальности при исследовании материалов и конструкций [Текст] / Шостак А. В., Широков В. В., Мельник А. В., Мельник В. Н. // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы 3-й междунар. науч.-практ. конф. (9-10 апреля 2013 г., г. Брянск) в 2-х томах. [ред. кол.: А.В. Алексейцев, Н.П. Лукутцова, В.С. Янченко, М.А. Сеньющенков] – Брянск: БГИТА, 2013. Т.1 – С.239-245.
2. Степаненко В.А. Метод та практичне застосування стереоскопічної фрактографії [Текст] / В.А. Степаненко // Металознавство та обробка металів. – 1995.-№1. с51-54.
3. Шостак А.В. Моделювання мікрорельєфу фрактографічних поверхонь методами триангулятора та скінчених елементів [Текст] / А. В. Шостак // Наукові нотатки.- 1999. - Вип. 5. - Луцьк. С. 285-291.
4. Мельник В. М., Шостак А. В. Растрово-електронна мікрофрактографія [Текст] / В. М. Мельник, А. В. Шостак // Монографія. – Луцьк, 2009. - 456с.
5. Шебатинов М. П., Алябин Л., Сбитнев П. П. и др. Износостойкий белый чугун для сменных деталей очистного оборудования [Текст] / М. П. Шебатинов, Л. Алябин, П. П. Сбитнев // Литейное производство. - 1985. - №2. - С.7-8
6. Чмыхов Д.В. Моделирование процесса объёмной реконструкции исследуемой поверхности при компьютерной микроскопии: автореф. дис. на соиск. уч. степени к.т.н.- Брянск, 2009. - 24с.
7. Корн Г., Корн Г. Справочник по математике [Текст]. – М.: Наука, 1970. – 720 с.
8. Kolednik O., Gruber M. A construction on the photogrammetric determination of the critical crack-tip-opening displacement [Text] // Practical Metallography. - 1981. - №18. - P.561-573.