УДК 620.171.2; 620.187.22

КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ ХАРАКТЕРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ФРАКТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Р. Я. КОСАРЕВИЧ, О. З. СТУДЕНТ, Л. М. СВІРСЬКА, Б. П. РУСИН, Г. М. НИКИФОРЧИН

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів

Для кількісного аналізу фрактографічних зображень використано спосіб їх сегментації багаторівневим порогуванням. На відміну від відомих підходів для меншого спотворення сегментованого зображення враховували спільні ознаки, властиві не лише великим, але і малим його деталям, яким відповідають невисокі піки на гістограмі яскравості. Це дало змогу розділити зображення фрагмента поверхні зламу на зв'язні області, а після цього визначати та аналізувати їх кількісні характеристики.

Ключові слова: *фрактографічні зображення, гістограма яскравості, вибір порогів, сегментація зображень, кількісні характеристики.*

Останнім часом є певний поступ у розв'язанні задач автоматичного виділення, оброблення та кількісного аналізу структурних складників металографічних зображень чи розподілу тріщиноподібних дефектів на заздалегідь полірованих поверхнях [1–4]. Через тривимірність рельєфу зламів лабораторних зразків чи елементів конструкцій їх фрактографічні зображення, безумовно, складніші, у першу чергу, для сегментації їх складників. Водночас фрактографічні дослідження вважають одними з найінформативніших для інтерпретації механізмів руйнування [5–10] і широко використовують під час експертизи пошкоджень різних конструктивних елементів, щоб з'ясувати причини їх руйнування.

Відомо, що існує зв'язок між механізмами руйнування та їх енергоємністю. Зокрема, загальновизнано, що енергоємність в'язкого руйнування шляхом зародження, росту та злиття мікропорожнин значно вища, ніж крихкого (крізь- чи міжзеренного). Зрозуміло, що коли порівнювати в'язке руйнування з крихким, то такий висновок справедливий. Але здебільш руйнування відбувається за змішаними механізмами, на які впливають різні чинники (робоче середовище, температурно-силові умови експлуатації, хімічний і структурно-фазовий склад матеріалів, режим їх термічного оброблення, деградація в часі тривалої експлуатації тощо). Тоді без кількісного аналізу і визначення співвідношення характерних елементів зламів важко судити про енергоємність руйнування загалом. Це відкрило б перспективу для виявлення кореляційного зв'язку між кількісними характеристиками типових елементів зламів та механічними властивостями конструкційних матеріалів, а отже, стало б особливо важливим інструментом для експертизи реальних пошкоджень [11–13].

Водночас застосування кількісного фрактографічного аналізу обмежене. Основною перешкодою тут є значна його трудоємність за виконання вручну [14]. Разом з тим комп'ютеризація аналізу стримується через складність сегментації зображень. Найперспективнішим є пошук шляхів розбиття складних зображень на простіші, на яких потрібно відібрати об'єкти за однією з багатьох ознак, що однакова для всієї вибірки, які розташовуватимуться на однорідному фоні.

Контактна особа: О. З. СТУДЕНТ, e-mail: student@ipm.lviv.ua

Аналіз відомих методів сегментації зображень. Сегментацію складного зображення вважають ключовим етапом його аналізу, спрямованим на виділення окремих його частин у вигляді однотипних об'єктів та фону. Серед найуживаніших підходів надалі залишається сегментація зображень шляхом встановлення порогів за яскравістю, що зумовлено високою швидкістю та простотою її реалізації. Розрізняють декілька груп методів вибору порогів сегментації [15, 16]: на основі аналізу форми гістограми зображення; її кластерного аналізу; вибору величин, що максимізують ентропію сегментованого зображення; подібності ознак (геометрична подібність, збіг меж) вихідного та сегментованого зображень; урахування просторових зв'язків між елементами зображення; локально адаптивного вибору порога в кожній точці.

Кожній групі властиві свої недоліки та переваги. Зокрема, методи першої ґрунтуються на визначенні локальних або глобальних екстремумів, випуклостей та ввігнутостей, обчисленні кривизни лінії, що огинає гістограму [17–19]. Попри те, що ці завдання, зрозуміло, непрості, необхідно, щоб лінія, яка огинає гістограму зображення, була гладкою, а кількість локальних максимумів гістограми збігалася з кількістю сегментів, на які поділено зображення.

Для сегментації зображення відліки гістограми розбивають на кластери з подальшою мінімізацією віддалей між елементами всередині кожного з кластерів та її максимізацією між центрами суміжних кластерів [20, 21]. Найвідоміший з цієї групи метод Оцу [20]. Основним їх недоліком є тривалість сегментації зображень. Тому за їх використання зусилля спрямовують на збільшення швидкодії оброблення зображення.

Найсуттєвішим обмеженням методів сегментації шляхом встановлення порога є така особливість гістограм, як їх загальність. Часто гістограми не віддзеркалюють ознак, властивих локальним фрагментам зображення. При цьому, навіть якщо об'єкт важливий для аналізу, але невеликий за розмірами, то на гістограмі він проявиться незначним відліком і буде відкинутий, або утворить зі сусідніми відліками пологий виступ чи впадину.

Особливістю сприйняття візуальної інформації людиною є її здатність виділяти не лише основні, але і найменші деталі, що потрапляють у поле зору. Зафіксувавши їх, людина шукає закономірності, які бере до уваги, аналізуючи зображення. Подібний алгоритм доцільно використати для сегментації фрактографічних зображень з невеликими, але інформативними фрагментами.

Мета праці – розробити спосіб сегментації складних фрактографічних зображень на сукупність простіших, на яких стане можливим виділяти однотипні об'єкти на складному зображенні та аналізувати їх в автоматизованому режимі.

Аналіз особливостей гістограми фрактографічного рельєфу. Проаналізували за яскравістю складне фрактографічне зображення, на якому зафіксовано елементи крихкого крізьзеренного відколу та в'язкого ямкового руйнування перетинок між суміжними крихкими фрагментами (рис. 1*a*). Оскільки рельєф руйнування майже однорідний з незначним градієнтом за яскравістю, то гістограма такого зображення одномодальна. Зміну яскравості відносно її середнього рівня зазвичай спричиняють неоднорідності в структурі зламу, які можуть виникати після деградації металу в експлуатаційних умовах чи через специфічні умови механічних випроб. Такі зміни, як правило, з'являються на гістограмі у вигляді окремих піків у діапазоні малих та великих яскравостей (рис. 1*b*). Вони можуть відповідати неоднорідностям, якщо зображення розділити за яскравістю більш ніж на три діапазони.

Вибір локальних екстремумів на гістограмі та формування підмножин яскравості. Множина точок різної яскравості формує зображення. Найчастіше аналізують т. зв. напівтонові зображення, яскравість яких змінюється від 0 (що

відповідає чорному кольору) до 255 (що відповідає білому кольору). Отже, існує 256 різних проміжних відтінків сірого кольору. На гістограмі зображення має вигляд відліків у діапазоні від найменшої до найбільшої яскравості. Відповідно, висота кожного відліку відповідає кількості точок певного відтінку на цьому зображенні. Для повністю чорного зображення на гістограмі буде лише один вертикальний стовпчик, розташований зліва, а для повністю білого – справа. Для реального напівтонового зображення на гістограмі буде ряд послідовних відліків (рис. 1*b*). Залежно від аналізованого зображення відліки на гістограмі можуть утворювати різні конфігурації. Домінуючий елемент зображення на гістограмі відобразиться компактно розташованими відліками, один з яких (найвищий) відповідатиме переважальній яскравості і утворюватиме моду гістограми. Коли однорідний за яскравістю об'єкт розташований на однорідному фоні іншої яскравості, гістограма зображення буде двомодальною. Тоді вибір порога сегментації за допомогою гістограми зведеться до вибору певної яскравості між двома модами гістограми. З ускладненням зображення збільшується кількість мод гістограми, тому для забезпечення високого рівня сегментації потрібно визначати більшу кількість порогів.

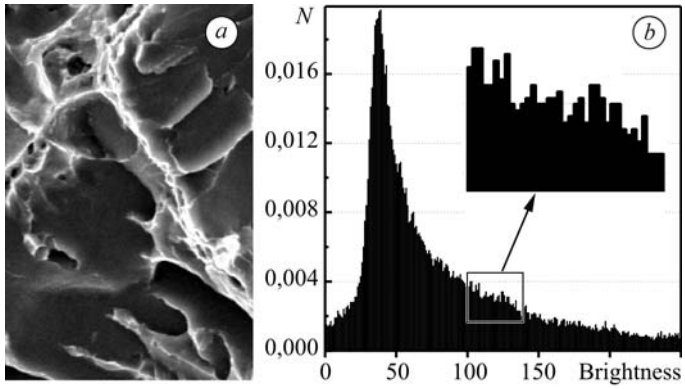

Рис. 1. Фрактограма типового в'язкого руйнування перетинок між фрагментами крихкого руйнування відколом на суміжних ділянках зламу (*a*) та гістограма яскравості для цього зображення з її фрагментом (*b*); *N* – кількість точок зображення з однаковою яскравістю, нормована за сумарною кількістю точок на зображенні.

Fig. 1. Fractography of ductile fracture of the bridges between fragments of cleavage brittle fracture in neighbouring areas (*a*) and histogram of brightness for this image with its fragment (*b*); *N* – number of points on the image with the same brightness normalized by the total number of pixels in the image.

Ключовим етапом у методах сегментації зображень з залученням гістограм є визначення скінченної множини локальних екстремумів на них. Для цього використовують евристичні методи, що базуються на певному наборі правил, які застосовують до всієї множини локальних екстремумів, щоб вилучити з них малоінформативні [14, 15, 19]. Обмеженням цих методів є те, що кожне правило задає іншу порогову величину, яку визначають експериментально для конкретного класу зображень, до яких вжито метод сегментації. Причому залежно від класу зображень порогові величини можуть істотно відрізнятися. Крім того, за використання декількох таких правил найімовірніше очікувати, що вибір порогів буде достатньо тривалим.

Як правило, під час виділення множини екстремумів на гістограмі перевіряють умови існування локальних максимуму чи мінімуму у найменшому за розміром околі. Потім за результатами перевірки справедливості цих умов у більшому околі (зіставляючи віддалі між екстремумами, їх висоту порівняно зі середнім значенням гістограми, глибину впадини між ними тощо) відкидають зайві екст-

ремуми, порівнюючи їх із наперед підібраним порогом. Щоб уникнути тривалого підбору порогових величин, запропоновано перевіряти умови існування локальних екстремумів в околі, розмір якого визначає вид гістограми. Для цього радіус околу вибирали на основі співвідношення між середнім значенням гістограми яскравостей зображення та середнім значенням абсолютних різниць сусідніх відліків її яскравостей [22].

Вибравши наперед кількість фрагментів, на які розділили зображення (розмір фрагмента сумірний з найменшим об'єктом, який цікавий для аналізу), виділили локальні екстремуми гістограм для кожного з фрагментів зображення. Після формування загальної множини з локальних екстремумів, виділених на гістограмі кожного фрагмента зображення, її розбивали на підмножини за ознакою мінімальної відстані елементів кожної підмножини до її центра. Кількість підмножин залежить від кількості характерних елементів, які необхідно виділити на зображенні для кількісного аналізу. Тому результатом сегментації є присвоєння кожній точці зображення з властивою їй яскравістю мітки підмножини (від 1 до c, де c – кількість підмножин), до якої входить ця яскравість (рис. 2). Тоді можна виокремити фрагменти зображення з однаковою міткою.

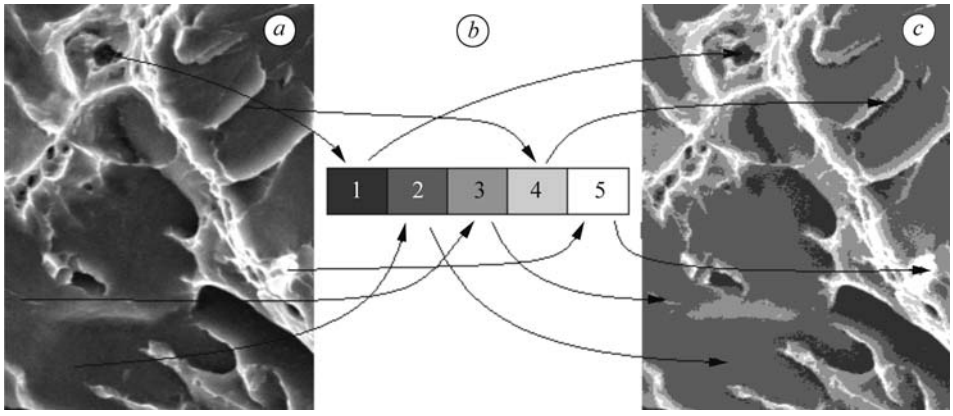

Рис. 2. Схема перетворення фрактографічного зображення (a)
за допомогою множини міток градацій яскравості (b) у сегментоване (c).

Fig. 2. The scheme of a fractographic image convertion (a) using a set of labels
of brightness level (b) into a segmented image (c).

Експериментальна апробація методу сегментації зображень. Відібравши лише ті точки зображення, які за яскравістю належать до однієї з підмножин, формували бінарне зображення, об'єктами на якому стали ці точки, а фон утворювали точки, яскравості яких належать до решти підмножин. Бінарне зображення можна формувати також на основі декількох підмножин, об'єднуючи точки, яскравості яких належать до підмножин з різними мітками. За такими зображеннями можна легко обчислювати кількісні характеристики об'єктів (зокрема, площу, периметр, орієнтацію, довжину осей симетрії, ексцентриситет), а також будувати їх розподіли для інтегрального оцінювання.

Для прикладу наведено послідовність кроків сегментації зображення, які ілюструють запропонований підхід (рис. 3). Як вхідне зображення використали типовий рельєф, характерний для в'язкого ямкового руйнування, що утворюється шляхом зародження, росту та злиття мікропорожнин у центральній частині гладкого зразка сталі 15Х1М1Ф, випробуваного розтягом (рис. 3a). Це зображення сегментували на п'ять підмножин (за кількістю характерних об'єктів, цікавих для фрактографічного аналізу – сліди від включень, ямки (dimples), перетинки між

суміжними ямками) та фон (рис. 3*b*). Використавши запропонований підхід, виділили різні деталі зламу, які виокремили на зображенні згідно з присвоєними мітками. Зокрема, сліди від включень у вигляді найтемніших об'єктів спостерігали на дні великих ямок, що сформувалися навколо цих включень під час активного навантаження зразків розтягом. На бінарному зображенні ці об'єкти у вигляді білих ділянок отримали з підмножини під № 1, до якої ввійшли найтемніші точки на вхідному зображенні (рис. 3*c*).

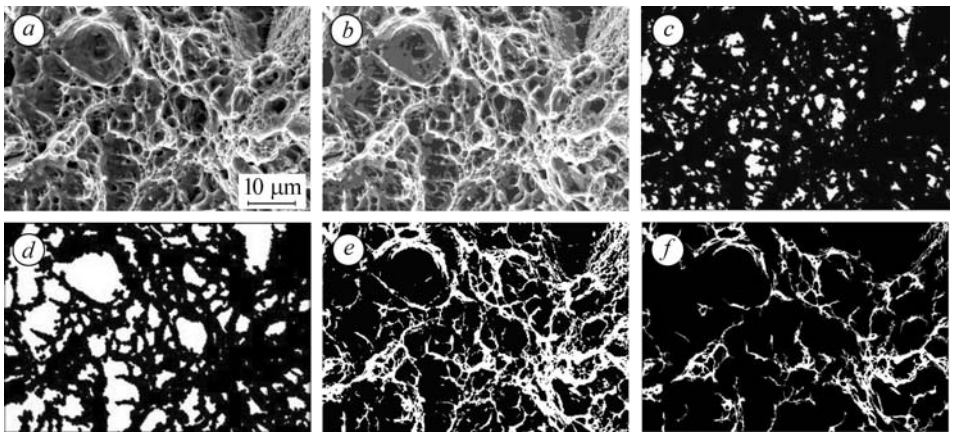

Рис. 3. Послідовне перетворення вхідного фрактографічного зображення (*a*) в сегментоване внаслідок його поділу на п'ять підмножин точок (*b*) з виділенням типових елементів у вигляді слідів від включень на дні великих ямок, сформованих точками підмножини під № 1 (*c*); ямок – № 1–3 (*d*); перетинок між ними – № 4 і 5 (*e*) та меж конгломератів ямок – № 5 (*f*).

Fig. 3. Sequential transformation of an input fractographic image (*a*) into segmented ones by its division into five subsets of points (*b*) and selection on the image of the typical elements such as traces of inclusions on the bottom of large dimples formed by points № 1 (*c*); dimples – № 1–3 (*d*), bridges between them – № 4 and 5 (*e*) and boundaries of the small dimple conglomerates– № 5 (*f*).

Іншим об'єктом стали самі великі ямки, розмір і глибина яких свідчать про енергозатрати на їх ріст. Бінарне зображення цих об'єктів сформоване підмножинами з точок під № 1–3 (рис. 3*d*), до яких ввійшли найтемніші точки слідів від включень та сірі точки фону з двох підмножин (№ 2 та 3), що формують внутрішні поверхні ямок, які нерівномірні за яскравістю через різну глибину залягання точок. Ці об'єкти обмежені на вхідному зображенні найсвітлішими точками, які відповідають гребеням відриву, утвореним внаслідок потоншання перетинок між суміжними ямками. З отриманого бінарного зображення визначили розміри ямок. Ширину перетинок між ними, яка певною мірою характеризує пластичність металу, можна знайти, аналізуючи зображення, сформоване підмножинами з найсвітліших точок під № 4 і 5 (рис. 3*e*). Що більше метал вичерпав свій запас пластичності (зокрема, внаслідок деградації в експлуатаційних умовах), то ширшими будуть ці перетинки. І, навпаки, що він пластичніший, то ширина цих перетинок прямуватиме до нуля. Аналізуючи зображення, сформоване лише найсвітлішими точками під № 5, можна оцінювати розміри конгломератів з дрібних ямок, які, зливаючись, утворюють більші за розмірами дефекти. Руйнуванню перетинок між ними передує найбільше витягування, про що свідчить мала ширина гребенів відриву між суміжними ділянками з дрібними ямками (рис. 3*f*).

За результатами кількісного аналізу бінарних зображень рельєфу зламу сталі 15Х1М1Ф отримали розподіли розмірів слідів від включень на дні великих ямок

(рис. 4*a*, *b*), самих ямок (рис. 4*c*, *d*) та ширини перетинок між ними (рис. 4*e*, *f*), а також їх середньоарифметичні значення (див. таблицю). За формою сліди від включень і ініційовані ними ямки дещо здеформовані, про що свідчить невідповідність розподілів для їх великої *a* та малої *b* осей симетрії (рис. 4*a–d*).

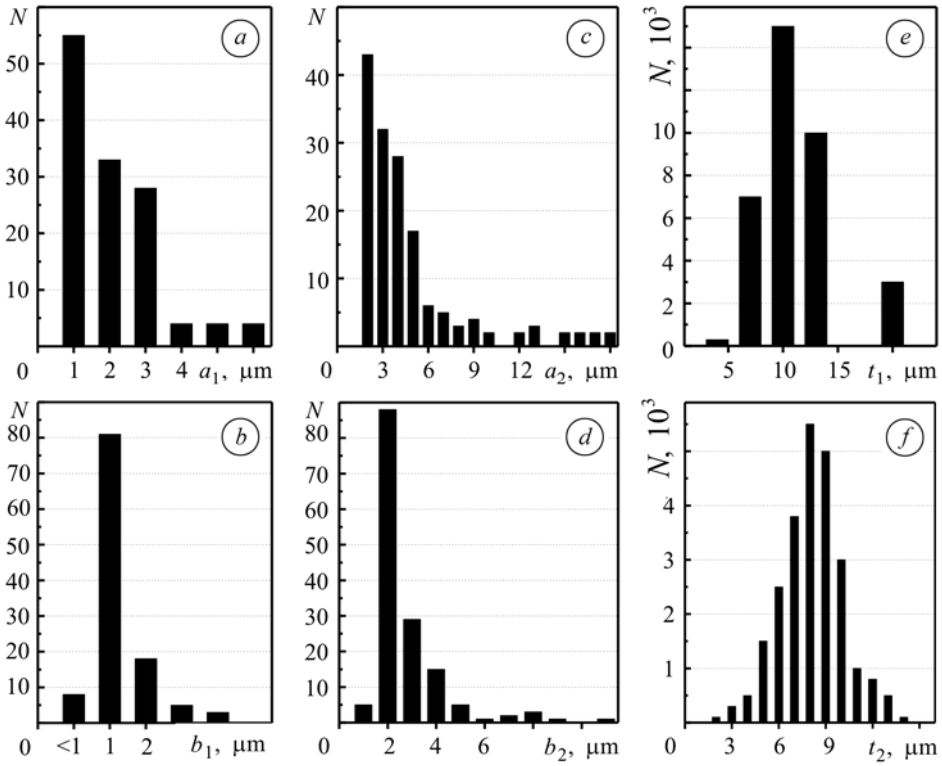

Рис. 4. Розподіли розмірів великої a_1(*a*) і a_2(*c*); малої b_1(*b*) і b_2(*d*) осей симетрії слідів від включень на дні великих ямок a_1 і b_1 (*a*, *b*) та самих ямок a_2 і b_2 (*c*, *d*) і ширини перетинок між всіма ямками t_1 (*e*) і конгломератами дрібних ямок t_2 (*f*).

Fig. 4. Size distribution of major a_1(*a*) and a_2(*c*); minor b_1(*b*) and b_2(*d*) axes of symmetry of the inclusions traces on the bottom of large dimples a_1 and b_1 (*a*, *b*) and dimples a_2 and b_2 (*c*, *d*) and also width of bridges between all dimples t_1 (*e*) and small dimple conglomerates t_2 (*f*).

Оцінка розподілів для різних об'єктів фрактографічного зображення

Показник	a_1	b_1	a_2	b_2	t_1	t_2
	μm					
Середньоарифметичне значення	20,97	13,16	36,53	19,97	11,18	8,10
Середньоквадратичне відхилення	12,59	7,30	35,42	18,42	3,60	2,04

Розподіли ширини перетинок між ямками t_1 та ділянками, які об'єднують спільним гребенем відриву конгломерати дрібних ямок, t_2 близькі до нормального (рис. 4*e, f*). Їх середня товщина свідчить про різну інтенсивність пластичного деформування сталі на етапі зародження порожнин навколо включень та їх злиття t_1 та на етапі формування областей з конгломератів дрібних порожнин t_2.

Суттєве середньоквадратичне відхилення під час визначення розмірів великих ямок могла спричинити недостатня база замірів. Це відкриває перспективу

для подальших досліджень, спрямованих на обґрунтування бази, необхідної для підвищення точності оцінювання характеристик елементів фрактографічного зображення за запропонованим підходом.

ВИСНОВКИ

Описано спосіб багаторівневого порогування шляхом поділу сукупності локальних екстремумів гістограми яскравості на підмножини, які відповідають елементам зображення незалежно від їх розмірів. Спосіб апробовано поділом складного багатоелементного фрактографічного зображення в'язкого руйнування сталі 15Х1М1Ф на сукупність простіших, на яких виділено типові фрактографічні ознаки цього зображення (розміри слідів від включень на дні ямок та самих ямок, ширина перетинок між ямками) та проаналізовано їх в автоматизованому режимі. Цей спосіб сегментації фрактографічних зображень перспективний для пошуку кореляційних зв'язків між кількісними характеристиками типових елементів фрактограм, які пов'язують з реалізацією конкретного механізму руйнування, та механічними властивостями конструкційних матеріалів.

РЕЗЮМЕ. Для количественного анализа фрактографических изображений использован способ их сегментации путем многоуровневого определения порога. В отличие от известных подходов для меньшего искажения сегментированного изображения учтены общие признаки, свойственные не только крупным, но и мелким его деталям, которым соответствуют невысокие пики на гистограмме яркостей. Это дало возможность разделить изображение фрагмента поверхности излома на связные области, а после этого определять и анализировать их количественные характеристики.

SUMMARY. For the quantitative analysis of the fractographic images the method of their segmentation by multilevel definition of the threshold was used. Unlike the known approaches to get the less distortion of the segmented image, the general features typical of not only large but also small details, to which low peaks in the histogram of brightness correspond, are taken into account. It enables us to separate the image fragment of the fracture surface into connected regions, and then to identify and analyze their quantitative characteristics.

1. *Кількісний* аналіз структурних змін у сталі внаслідок високотемпературної витримки у водні / О. З. Студент, Б. П. Русин, Б. В. Кисіль та ін. // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2003. – **39**, № 1. – С. 22–28.

   (*Student O. Z., Rusyn B. P., Kysil'B. P., Kobasyar M. I., Stakhiv T. P., and Markov A. D.* Quantitative analysis of structural changes in steel caused by high-temperature holding in hydrogen // Materials Science. – 2003. – **39**, № 1. – P. 17–24.)

2. *Оцінка* пошкоджень колектора водяного економайзера тріщинами термічної втоми / Р. Я. Косаревич, О. З. Студент, Я. Д. Онищак та ін. // Там же. – 2004. – **40**, № 1. – С. 109–114.

   (*Kosarevych R. Ya., Student O. Z., Onyshchak Ya. D., Markov A. D., Ripei I. V., Rusyn B. P., and Nykyforchyn H. M.* Estimation of damage to the collector of a water economizer by thermal fatigue cracks // Materials Science. – 2004. – **40**, № 1. – P. 132–138.)

3. *Автоматизоване* визначення геометрії зерен в експлуатованій паропровідній сталі / І. М. Журавель, Л. М. Свірська, О. З. Студент та ін. // Там же. – 2009. – **45**, № 3. – С. 23–29.

   (*Zhuravel'I. M., Svirs'ka L. M., Student O. Z., Vorobel'R. A., and Nykyforchyn H. M.* Automated determination of grain geometry in an exploited steam-pipeline steel // Materials Science. – 2009. – **45**, № 3. – P. 350–357.)

4. *Автоматичне* виділення та кількісний аналіз карбідів на межах зерен сталі 12Х1МФ після експлуатації на парогоні ТЕС / Р. А. Воробель, І. М. Журавель, Л. М. Свірська, О. З. Студент // Там же. – 2011. – **47**, № 3. – С. 109–115.

   (*Vorobel' R. A., Zhuravel' I. M., Svirs'ka L. M., and Student O. Z.* Automatic selection and quantitative analysis of carbides on grain boundaries of 12Kh1MF steel after operation at a steam pipeline of a thermal power plant // Materials Science. – 2011. – **47**, № 3. – P. 393–400.)

5. *Бичем К. Д.* Микропроцессы разрушения // Микроскопические и макроскопические основы механики разрушения / Пер. с англ. под ред. А. Ю. Ишлинского. – М.: Мир, 1973. – Т. 1. – С. 265–375.
6. *Романів О. М., Зима Ю. В., Карпенко Г. В.* Електронна фрактографія зміцнених сталей. – К.: Наук. думка, 1974. – 207 с.
7. *Шанявский А. А.* Безопасное усталостное разрушение элементов авиаконструкций. Синергетика в инженерных приложениях. – Уфа: Монография, 2003. – 803 с.
8. *Bandstra J. P. and Koss D. A.* On the influence of void clusters on void growth and coalescence during ductile fracture // Acta Mat. – 2008. – **56**, № 16. – P. 4429–4439.
9. *The size* dependence of micro-toughness in ductile fracture / K. Srinivasan, Yo. Huang, O. Kolednik, and T. Siegmund // J. of the Mech. and Phys. of Solids. – 2008. – **56**, № 8. – P. 2707–2726.
10. *Jacobsson L. and Persson C.* In situ scanning electron microscopy study of fatigue crack propagation // Strength of Mater. – 2008. – **40**, № 1. – P. 146–149.
11. *Failure* analysis of a steam generator superheater drain tube used in a dump / S. Cicero, R. Lacalle, R. Cicero, and J. Garcна // Eng. Failure Analysis. – 2010. – **17**. – P. 301–312.
12. *Shanyavskiy A. A. and Potapenko Yu. A.* In-service fatigue fracture mechanisms in covered disks of a TV3-117VK helicopter turbine engine // Strength of Mater. – 2008. – **40**, № 1. – P. 158–161.
13. *Ковалік М.* Вплив деформації на структуру та властивості матеріалу за поздовжнього холодного вальцювання ступінчастих валів // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2010. – **46**, № 5. – С. 97–101.

    (*Kowalik M.* Influence of deformation on the structure and properties of materials in longitudinal cold rolling of multidiameter shafts // Materials Science. – 2010. – **46**, № 5. – P. 679–684.)
14. *Иванова В. С., Шанявский А. А.* Количественная фрактография. – Челябинск: Металлургия, 1988. – 400 с.
15. *Sankur B. and Sezgin M.* A survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation // J. of Electronic Imaging. – 2004. – **13**, № 1. – P. 146–165.
16. *Zhang Y. J.* A survey on evaluation methods for image segmentation // Pattern Recognition . – 1996. – **29**, № 10. – P.1335–1346.
17. *Arifin A. Z. and Asano A.* Image segmentation by histogram thresholding using hierarchical cluster analysis // Pattern Recognition Letters . – 2006. – **27**, № 10. – P. 1515–1521.
18. *Multilevel* thresholding for image segmentation through a fast statistical recursive algorithm / S. Arora, J. Acharya, A. Verma, and P. K. Panigrahi // Ibid. – 2008. – **29**, № 3. – P. 119–125.
19. *Nakib A., Oulhadj H., and Siarry P.* Image histogram thresholding based on multiobjective optimization // Signal Processing. – 2007. – **87**, № 12. – P. 2516–2534.
20. *Otsu N.* A threshold selection using grey level histograms // IEEE Trans. Systems Man Cybernet. – 1979. – **9**, № 1. – P. 62–69.
21. *Rao R. L. and Lakshman P.* Segmentation by multiresolution histogram decomposition // Proc. SPIE. Wavelet Applications in Signal and Image Processing III, 1995. – P. 766–777.
22. *Косаревич Р. Я., Кобасяр М. І., Русин Б. П.* Багаторівневе порогування за допомогою кластеризації множини екстремумів гістограм фрагментів зображення // Відбір і обробка інформації. – 2011. – Вип. 34. – С. 113–119.

Одержано 12.04.2012