

УДК 620.191

СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗСІЯНОГО ПОШКОДЖЕННЯ В КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛАХ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ

Г. Г. Писаренко¹, О. В. Войналович², А. М. Майло¹

¹Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України, Україна.

²Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: voynalov@bigmir.net.

Історія статті: отримано – березень 2019, акцентовано – червень 2019.

Бібл. 16, рис. 5, табл. 0.

Анотація. У даній роботі для дослідження кінетики пошкодження зразків металокопункцій використано метод, згідно з яким локальну зону поверхні контрольованого об'єкта сканують пружною хвилею, створюваною у матеріалі від резонансного високочастотного збудження стержневого п'єзодатчика, та реєструють зсув фаз внаслідок взаємодії зондувальної хвилі з пошкодженими локальними елементами структури зразка. Результати досліджень показали, що протягом циклічного навантажування полікристалічний матеріал виявляє динамічну нестійкість структури, характерну для багаторівневої дисипативної системи, що виявляється у структурних змінах полікристалічного матеріалу, які визначають його граничний стан.

Для визначення мікродеформаційного стану поверхневого шару конструкційного матеріалу використано статистичний аналіз фрактальних властивостей нелокалізованого пошкодження на діаграмах зсуву фаз амплітуд напружень циклічного навантажування та механічних деформацій локальних елементів поверхні у точках контактної взаємодії з коливальною системою вібродатчика за послідовного сканування поверхні матеріалу. Показник Херста H діаграми, що у подвійних логарифмічних координатах відповідає куту нахилу прямої (у радіанах), яка апроксимує діаграму, дозволяє зробити висновок про поточний стан фрактальної розмірності структури локальних напружень, а отже про ступінь хаотичності мікродеформаційного стану поверхні конструкційного матеріалу внаслідок дії силового навантаження.

З метою відстеження пошкодженості на ранніх стадіях експлуатації металокопункції розроблено експериментально-інформаційну систему аналізу кількісних характеристик розсіяного пошкодження пружнопластичного матеріалу методом когерентно-оптичного сканування деформованої поверхні з виокремленістю 0,2 мкм/піксель.

У результаті аналізу отриманих характеристик пошкодження поверхневого шару аустенітної сталі X18N10T за монотонного розтягування встановлено, що закономірності розвитку мікропластичних деформацій поверхні зразків виявляють властивості кореляційної зв'язку з кінетикою статистичних характерис-

тик спекл-структури когерентного проміння, відбитого від поверхні аналізованого об'єкта.

Ключові слова: розсіяне пошкодження, накопичування пошкодження, конструкційні матеріали, показник Херста.

Постановка проблеми

Руйнування конструкційних матеріалів за циклічного деформування є ймовірнісним, багатостадійним і багатомасштабним змінням фізико-механічних властивостей структури матеріалу [1, 2]. Характерною особливістю кінетичних характеристик структурних властивостей сталей і сплавів є нестабільність на всіх стадіях до руйнування [3].

Нелокалізоване руйнування під час втоми металів і сплавів відбувається на мікро- і мезоструктурних рівнях пошкодження та завершується на макрорівні локальним зародженням тріщини. Інтенсивність нелокалізованого руйнування залежить від багатьох чинників, оцінити вплив кожного з них складно, чим пояснюється суттєвий розкид розрахункових та експериментальних даних щодо характеристик опору втоми конструкційних матеріалів і довговічності металокопункцій [4].

То ж нині активно розвиваються методи дослідження процесів накопичування пошкодження внаслідок силового та інших впливів на конструкційні матеріали, отримані дані яких дозволять спрогнозувати довговічність конструкційного елемента.

Аналіз останніх досліджень

Внаслідок особливостей формування субструктури полікристалічного матеріалу найбільш інтенсивно деформується за циклічного навантажування поверхневий шар, що обумовлено наявністю дефектів, недосконалістю структури, впливом технологічних чинників. Через це важливе місце для визначення кінетики пошкоджуваності під час втоми займають методи кількісного оцінення структурних змін на поверхні зразків матеріалу [5-7], які виокремлюють на

контактні (щодо поверхні досліджуваного матеріалу) і безконтактні.

Серед контактних методів визначення пошкодженості поверхневих і під поверхневих шарів матеріалу перевагу надають методам сканування поверхні зразка зондувальними полями різного походження (акустичними, електромагнітними та ін.), що внаслідок їх взаємодії з розсіяним пошкодженням у матеріалі призводить до змін параметрів зондувальних полів (хвиль), які характеризують ступінь накопичення пошкодження.

До неконтактних методів відстеження пошкодженості матеріалу, яка може проявлятися через неоднорідність деформаційного рельєфу поверхні, належить використання дискретних характеристик оптичних зображень структурних елементів поверхні на рівні мезо- та мікροструктурних перетворень, що дозволяють контролювати неоднорідність деформацій на поверхні матеріалу з високою виокремівністю [8-10]. Однак відомі в літературі реалізації зазначених вище методів не дозволяють забезпечити отримання статистично обґрунтованого масиву даних про ступінь здеформування (мікропошкодження) поверхні зразка металокопструкції та оцінити ступінь накопичення поверхневих мікродеформацій рельєфу поверхні об'єкту із необхідною на практиці точністю, що позначається на достовірності прогнозування довговічності металокопструкції.

Мета досліджень

Мета досліджень полягає у дослідженні кінетики розсіяного пошкодження в конструкційних матеріалах за допомогою сучасних комп'ютеризованих методів

як основи для прогнозування довговічності елементів копструкцій та їх систем.

Результати досліджень

У даній роботі для дослідження кінетики пошкодження зразків металокопструкції було використано метод [11], згідно з яким локальні зони поверхні контрольованого об'єкта сканують пружною хвилею, створюваною у матеріалі від резонансного високочастотного збудження стержневого п'єзодатчика, та реєструють зсув фаз внаслідок взаємодії зондувальної хвилі з пошкодженими локальними елементами структури зразка (рис. 1).

У часові проміжки припинення циклічного навантажування до поверхні зразка пружно притискають щуп датчика 4 вимірювальної системи 5, дискретно-поступово пересувають по досліджуваній поверхні у напрямку дії циклічного навантаження, вимірюють величини кута зсуву фаз між зондувальною та отриманою хвилями в окремих точках поверхні зразка та будують кінетичну діаграму параметра пошкодження. Результати вимірювань кута зсуву фаз представлено на рис. 2.

Під час навантажування полікристалічний матеріал виявляє динамічну нестійкість структуру багатоврівневої дисипативної системи. За механічного навантажування такої системи відбуваються зміни у структурі полікристалічного матеріалу, що визначають його граничний стан. У момент досягнення граничного стану відбуваються стрибкоподібні зміни енергетичного стану за умови готовності матеріалу до переходу до іншого стану, що реалізовується фазовим переходом або бифуркацією.

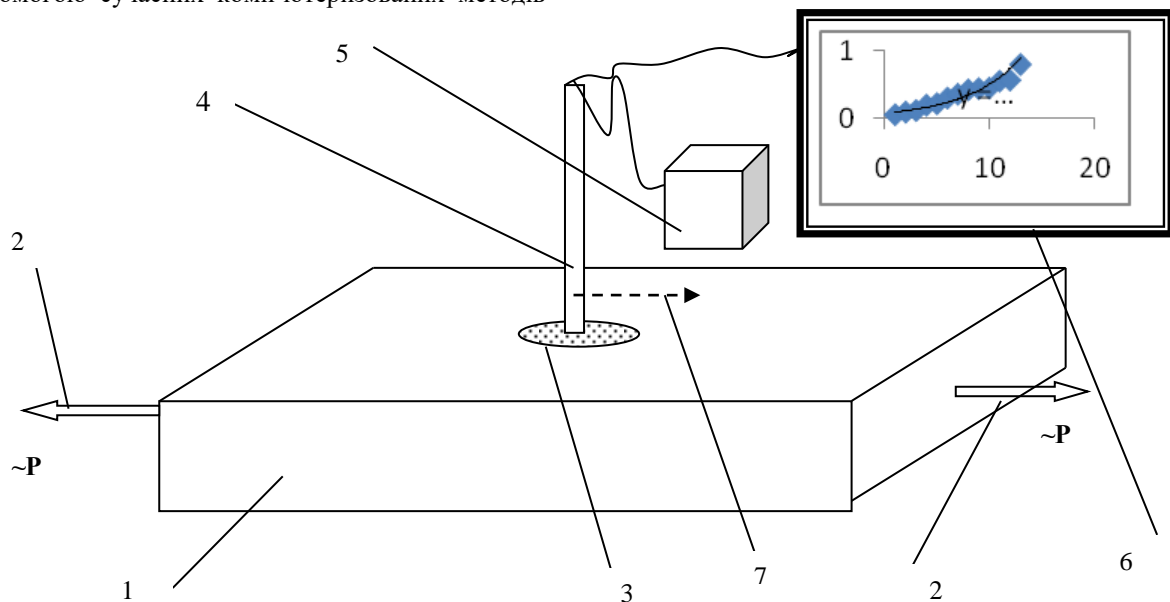


Рис. 1. Схема вимірювання статистичного параметра пошкодженості зразка металокопструкції контактним методом: 1 – зразок металокопструкції; 2 – прикладене до зразка циклічне навантаження P ; 3 – досліджуванна зона на поверхні зразка; 4 – п'єзодатчик, пружно притиснутий до поверхні зразка; 5 – вимірювально-реєстраційна система; 6 – екран персонального комп'ютера (ПК); 7 – напрям сканування.

Fig. 1. The scheme of measurement of statistical damage parameter of the sample metal contact-ing method.

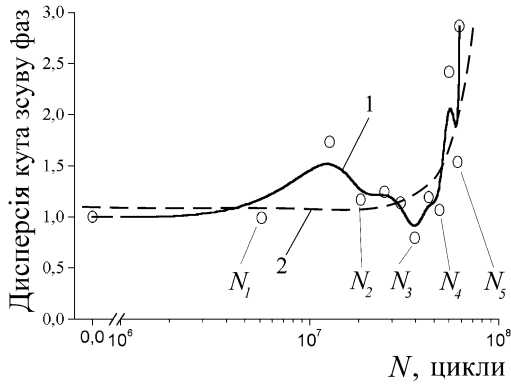


Рис. 2. Кінетичні характеристики (1 – експериментальна; 2 – усереднена) розсіяного пошкодження зразків алюмінієвого сплава АМг6Н за амплітуди циклічних напружень $\sigma_a = 65$ МПа та виділені екстремуми зміцнення N_i .

Fig. 2. Kinetic characteristics of (1 – experimental, 2 – averaged) scattered damage samples of aluminum alloy AMg6H amplitude cyclic stresses $\sigma_a = 65$ MPa and the selected extrema strengthen N_i .

У даній роботі для визначення мікродеформаційного стану поверхневого шару конструкційного матеріалу застосовано статистичний аналіз фрактальних властивостей нелокалізованого пошкодження на діаграмах зсуву фаз амплітуд напружень циклічного навантаження та механічних деформацій локальних елементів поверхні у точках контактної взаємодії з коливально системою вібродатчика за послідовного сканування поверхні матеріалу.

Обчислюють показник Херста H за методом нормованого відхилення [12, 13] з діаграми, яка є часовим рядом просторової координати фазового кута, як параметра сканування поверхні контрольованого об'єкта. За визначеною величиною показника H діаграми, що у подвійних логарифмічних координатах

відповідає куту нахилу прямої α (у радіанах), яка апроксимує діаграму, роблять висновок про поточний стан фрактальної розмірності структури локальних напружень, а отже про ступінь хаотичності мікродеформаційного стану поверхні конструкційного матеріалу внаслідок дії силового навантаження (рис. 3). Осями діаграми є логарифм нормованого розмаху R/S – вісь ординат та логарифм кількості точок сканування N (чи тривалості сканування T) – вісь абсцис (рис. 3).

Для контролю ступеня накопичення мікродеформацій поверхневого шару матеріалу було використано оптичний метод вимірювання пошкодження, що базується на статистичному аналізі енергії світлового проміння, спрямованого від когерентного джерела і розсіяного поверхню zdeформованого зразка [14]. Схему розробленого пристрою з виокремівністю 0,2 мкм/піксель представлено на рис. 4.

Спеклструктура є відображенням оптичної здатності поверхні матеріалу, що проявляється у змінній співвідношення контрасту зображення спеклструктур на етапах деформування зразка металокопструкції. Метод базується на аналізі властивостей спектрально-го складу гістограми яскравості пікселів зображення когерентного променя на поверхні [15, 16].

Як міру зміни інтенсивності деформаційного рельєфу використано параметр D у вигляді співвідношення кількості світлих пікселів до загальної кількості пікселів зображення спеклструктури. Параметр D характеризує пошкодженість поверхні матеріалу як накопичення деформаційного рельєфу зразка

$$D = (\Sigma n_0 - \Sigma n) / \Sigma n_z,$$

де n_0 – кількість світлих пікселів спеклструктури для поверхні матеріалу в початковому стані; n – кількість світлих пікселів для поверхні матеріалу в поточному стані, n_z – загальна кількість пікселів спеклструктури (вибірки).

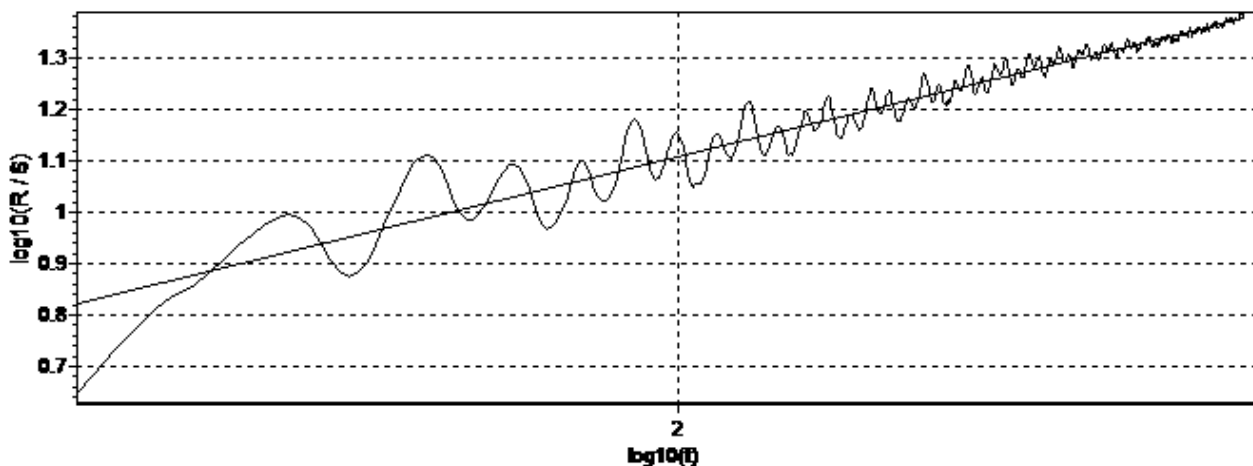


Рис. 3. Апроксимування діаграми з визначенням параметра Херста як тангенса кута нахилу α апроксимувальної прямої у подвійних логарифмічних координатах.

Fig. 3. Approximation chart with the definition of the Hurst exponent as the tangent of the angle of inclination α approximation of a straight line in double logarithmic coordinates.

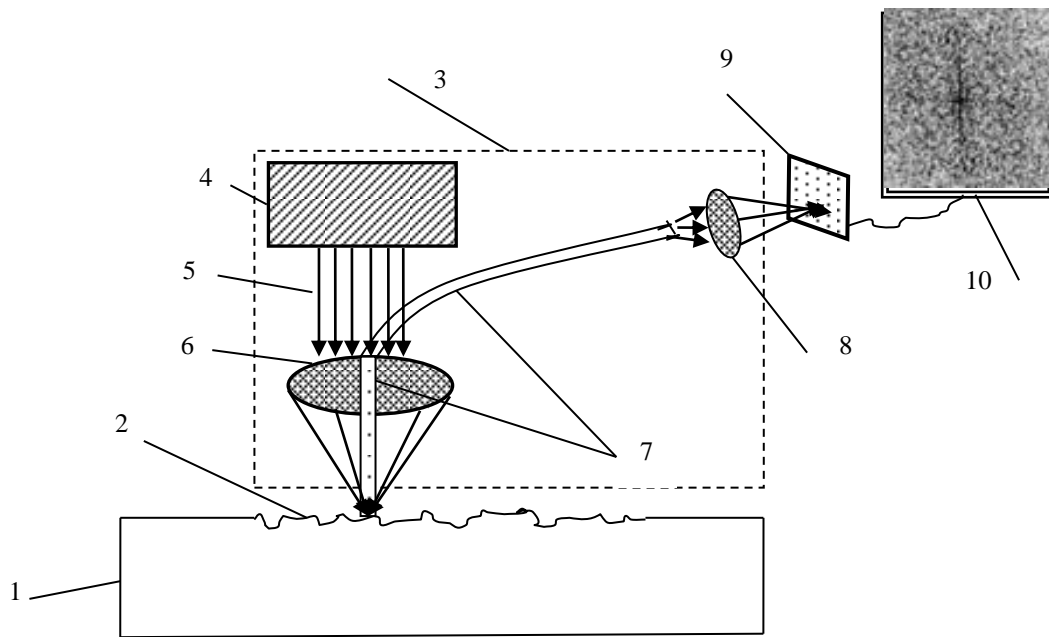


Рис. 4. Схема пристрою для безконтактного моніторингу мікродеформаційного рельєфу поверхні металоконструкції: 1 – фрагмент зразка металоконструкції на етапі тимчасового припинення навантажування; 2 – деформаційний рельєф поверхні, 3 – опромінювально-приймальний пристрій; 4 – джерело когерентного світла; 5 – потік когерентного світла; 6 – коліimatorних лінза; 7 – світловолоконний кабель для спрямування променя світла, відбитого від локальної зони деформаційного рельєфу; 8 – система лінз для фокусування відбитого променя світла; 9 – приймальня матриця фотодіодів; 10 – зображення спеклструктури.

Fig. 4. Diagram of the device for contactless monitoring chrodegang the surface topography of metal structures.

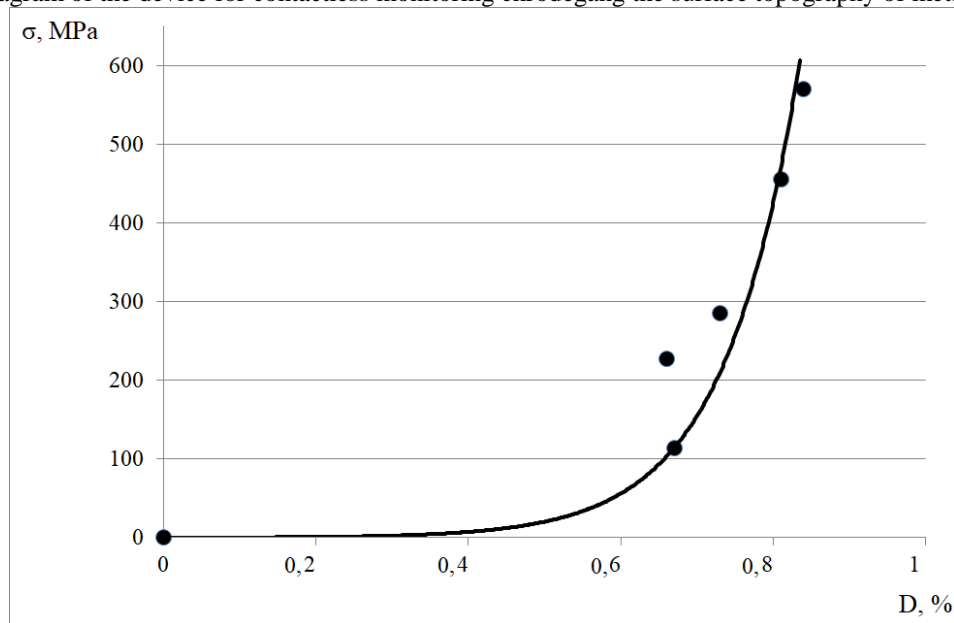


Рис. 5. Амплітудна характеристика пошкодження сталі X18H10T під час розтягування.

Fig. 5. The amplitude of damage of steel X18H10T during stretching.

На рис. 5 представлено графік функції кінетичного зв'язку пошкодженості з амплітудою напруження розтягу зразків аустенітної сталі X18H10T, який можна апроксимувати експоненційною функцією типу $y = ae^{bx}$ (де $a = 0,129$; $b = 0,101$) з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,978$. Отримана залежність показує нелінійний зв'язок розподілу локальних елементів деформаційного рельєфу поверхні з характеристиками навантажування.

Висновки

1. Сформульовано засади методологічних підходів щодо відстеження стану фізико-механічних властивостей конструкційних елементів інженерних об'єктів протягом експлуатації.

2. Обґрунтовано використання характеристик розподілу дискретних властивостей матеріалу поверхнього шару конструкційних елементів як діагностичних показників руйнування на ранніх стадіях експлуатації металоконструкції.

3. Визначено кількісні межі використання методів відстеження статистичних параметрів механічних характеристик матеріалів для визначення залишкового ресурсу деталей різної експлуатаційної навантаженості.

Список літератури

1. *Троценко В. Т., Хамаза Л. А.* Механика рассеянного усталостного повреждения металлов и сплавов. Киев: Институт проблем прочности имени Г. С. Писаренко НАН Украины. 2016. 412 с.

2. *Терентьев В. Ф., Кorableва С. А.* Усталость металлов. Москва. Наука, 2015. 484 с.

3. *Миндюк В. Д., Карнаш М. О., Доценко Е. Р.* Експериментальна перевірка характеру зв'язку між параметрами мікроструктури і фізичними властивостями матеріалів металоконструкцій довготривалої експлуатації для оцінки ступеню їх деградації. Вісник Тернопільського національного технічного університету. 2013. № 3 (71). С. 153-163.

4. *Кофто Д. Г.* Прогнозирование характеристик сопротивления усталости сплава ЭП202 по результатам высокочастотных испытаний материалов на больших базах нагружения. Надійність і довговічність машин і споруд. 2014. Вип. 39. С. 54-59.

5. *Банников М. В., Оборин В. А., Наймарк О. Б.* Исследование стадийности разрушения титановых сплавов в режиме много- и гигацикловой усталости на основе морфологии поверхности разрушения. Вестник ПНИПУ. Механика. 2015. № 3. С. 15-24.

6. *Ибатуллин И. Д., Громаковский Д. Г., Барышкин В. Е.* Разработка методик и средств склерометрической оценки активационных параметров разрушения поверхностных слоев. Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С.П. Королёва. 2006. № 2-2. С. 210-216.

7. Патент України на корисну модель № 118210. Рентгенівський спосіб визначення ступеню втомного пошкодження матеріалу металевої деталі. *Писаренко Г. Г., Майло А. М., Войналович О. В.* Опубл. 25.07.2017. Бюл. № 14.

8. *Владимиров А. П., Каманцев И. С., Веселова В. Е. и др.* Использование динамической спеклинтерферометрии для бесконтактной диагностики зарождения усталостной трещины и определения скорости ее роста. Журнал технической физики. 2016. № 4. С. 85-90.

9. *Минеев С. А., Угольников А. Ю., Лозовская Л. Б.* Анализ спекл-изображений деформируемой поверхности на основе алгоритмов обработки оптического потока. Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2014. № 2. С. 81-86.

10. *Alfyorova E. A., Lychagin D. V.* Self-organization of plastic deformation and deformation relief in FCC single crystals. Mechanics of Materials. 2018. Vol. 117. P. 202-213.

11. *Pisarenko G. G., Voynalovich O. V., Mailo A. M.* Damaging of structural steel under monotonic and cyclic deformation. Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування. Праці V Міжнародної науково-технічної конференції

(Тернопіль 19-22 вересня 2017 р.). Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. 2017. С. 38-41.

12. *Филяк М. М., Каныгина О. Н.* Применение метода Херста для исследования микрогеометрии поверхности анодного оксида алюминия. Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ИПК «Университет». 2012. С. 998-1003.

13. Патент України на корисну модель № 97314. Спосіб визначення мікрореформаційного стану поверхневого шару конструкційного матеріалу за фрактальною розмірністю. *Писаренко Г. Г., Майло А. М., Войналович О. В.* Опубл. 10.03.2015. Бюл. № 5.

14. Патент України на корисну модель № 133430. Спосіб безконтактного вимірювання кінетичних характеристик руйнування поверхневого шару металоконструкцій. *Войналович О. В., Писаренко Г. Г., Майло А. М.* Опубл. 10.04.2019. Бюл. № 7.

15. *Писаренко Г. Г., Войналович О. В., Майло А. М.* Закономірності накопичення нелокалізованого пошкодження у поверхневих шарах конструкційних матеріалів. Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК. 2018. Вип. 282. С. 208-218.

16. *Писаренко Г. Г., Войналович О. В., Майло А. М.* Вплив експлуатаційних чинників на закономірності розподілу дискретних деформацій поверхневого шару металоконструкцій за багатоциклового навантажування зразків. Mechanics and Advanced Technologies. 2018. Т. 84. № 3. С. 39-44.

References

1. *Troschenko, V. T. & Hamaza, L. A.* (2016). Mechanics of scattered fatigue damage to metals and alloys, Kyiv: G.S. Pisarenko Institute for Problems of Strength NAS of Ukraine.

2. *Terentyev, V. F. & Korableva, S. A.* (2015). Fatigue of metals, Moscow: Science.

3. *Minduk, V. D., Karpash, M. O. & Dotshenko, E. R.* (2013). Experimental verification of the nature of the connection between the parameters of microstructure and the physical properties of materials of long-term metal structures for the assessment of their degree of degradation. Bulletin of the Ternopil National Technical University, № 3 (71). 153-163

4. *Kofto, D. G.* (2014). Prediction of fatigue resistance characteristics of the EP202 alloy based on the results of high-frequency testing of materials on large loading bases. Reliability and durability of machines and structures, Issue 39. 54-59.

5. *Bannikov, M. V., Oborin, V. A. & Naymark O. B.* (2015). Study of the staging of the destruction of titanium alloys in the mode of multi- and gigacycle fatigue based on the morphology of the surface of destruction. Bulletin PNRPU. Mechanics, No 3. 15-24.

6. *Ibatullin, I. D., Gromakovsky, D. G. & Barukin, V. E.* (2006). Development of methods and means of sclerometric evaluation of activation parameters

of destruction of surface layers. Bulletin of the Samara State Aerospace University of Acad. S. P. Korolev, No. 2-2. 210-216.

7. Patent of Ukraine for utility model № 118210. X-ray method for determining the degree of fatigue damage to the material of the metal part. *Voinalovich O. V., Pisarenko G. G. & Mailo A. M.* Publ. 25.07.2017. Bul. No. 14.

8. *Vladimirov, A. P., Kamantchev I. S., Veselova, V. E. & others* (2016). Using dynamic specklin-interferometrii for contactless diagnosis of the nucleation of a fatigue crack and determine the rate of its growth. Technical Physics Journal, No. 4. 85-90.

9. *Mineev, S. A., Ugolnikov, A. Yu. & Lozovskay, L. B.* (2014). Analysis of speckle images of a deformable surface based on optical flow processing algorithms. Bulletin of the Nizhny Novgorod University of N.I. Lobachevskii, No. 2. 81-86.

10. *Alfyorova, E. A. & Lychagin, D. V.* (2018). Self-organization of plastic deformation and deformation relief in FCC single crystals. Mechanics of Materials, Vol. 117. 202-213.

11. *Pisarenko, G. G., Voinalovich, O. V. & Mailo, A. M.* (2017). Damaging of structural steel under monotonic and cyclic deformation. Damage of materials during operation, methods of its diagnosis and forecasting. Works of the V International Scientific and Technical Conference (Ternopil, September 19-22, 2017). Ternopil National Technical University of Ivan Puluj, 38-41.

12. *Filyak, M. M. & Kanugina, O. N.* (2012). Application of the Hurst method for the study of the microgeometry of the surface of anodic aluminum oxide. University complex as a regional center of education, science and culture: materials of the All-Russian Scientific and Methodological Conference; Orenburg State University. Orenburg: IPK "University", 998-1003.

13. Patent of Ukraine for utility model № 97314. A method of determining the microdeformation state of the surface layer of structural material by fractal dimension. *Pisarenko G. G., Mailo A. M. & Voinalovich O. V.* Publ. 10.03.2015. Bul. No. 5.

14. Patent of Ukraine for utility model № 133430. Method of contactless measurement of kinetic characteristics of destruction of the surface layer of metal structures. *Voinalovich O. V., Pisarenko G. G. & Mailo A. M.* Publ. 10.04.2019. Bul. No. 7.

15. *Pisarenko G. G., Voinalovich O. V. & Mailo A. M.* (2018). Laws of accumulation of non-localized mail-coding in the surface layers of structural materials. Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine. Series: engineering and power engineering of agroindustrial complex, Issue 282. 208-218.

16. *Pisarenko G. G., Voinalovich O. V. & Mailo A. M.* (2018). (2014). The influence of operational factors on the patterns of distribution of discrete deformations of the surface layer of metal structures under high-cycle loading of samples. Mechanics and Advanced Technologies, T. 84. No 3. 39-44.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАССЕЯННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ В КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Г. Г. Писаренко, А. В. Войналович, А. Н. Майло

Аннотация. В данной работе для исследования кинетики повреждения образцов металлоконструкций использован метод, согласно которому локальные зоны поверхности контролируемого объекта сканируют упрюгой волной, создаваемой в материале от резонансного высокочастотного возбуждения стержневого пьезодатчика, и регистрируют смещение фаз вследствие взаимодействия зондирующей волны с поврежденными локальными элементами структуры образца.

Результаты исследований показали, что при циклическом нагружении поликристаллический материал выявляет динамическую неустойчивость структуры, характерную для многоуровневой диссипативной системы, что проявляется в структурных изменениях поликристаллического материала, определяющих его предельное состояние.

Для определения микродеформационного состояния поверхностного слоя конструкционного материала применен статистический анализ фрактальных свойств нелокализованного повреждения на диаграммах сдвига фаз амплитуд напряжений циклической нагрузки и механических деформаций локальных элементов поверхности в точках контактного взаимодействия с колебательной системой вибродатчика при последовательном сканировании поверхности материала. Показатель Херста H диаграммы, который в двойных логарифмических координатах соответствует углу наклона прямой (в радианах), аппроксимирующей диаграмму, позволяет сделать вывод о текущем состоянии фрактальной размерности структуры локальных напряжений, а следовательно о степени хаотичности микродеформационного состояния поверхности конструкционного материала в результате действия силовой нагрузки.

С целью мониторинга поврежденности разработана экспериментально-информационная система анализа количественных характеристик рассеянной поврежденности упругопластичного материала методом когерентно-оптического сканирования деформированной поверхности с разрешающей способностью 0,2 мкм/пиксель.

В результате анализа полученных характеристик поврежденности поверхностного слоя стали X18H10T при монотонном растяжении установлено, что закономерности развития микропластических деформаций поверхности образцов проявляют свойства корреляционной связи с кинетикой параметров статистических характеристик спеклструктуры когерентного луча, отраженного от поверхности анализируемого объекта.

Ключевые слова: рассеянное повреждение, накопление повреждений, конструкционные материалы, показатель Херста.

MODERN METHODS OF INVESTIGATING
MULTIPLE DAMAGE IN CONSTRUCTION
MATERIALS AND FORECASTING LONGNESS

G. G. Pisarenko, O. V. Voinalovych, A. M. Maylo

Abstract. In this work, to study the damage kinetics of metal samples, we used the method according to which local areas of the surface of the object being scanned are scanned by an elastic wave created in the material from resonant high-frequency excitation of the rod piezoelectric sensor, and phase displacement due to interaction of the probe wave with damaged local elements of the sample structure is recorded.

The results of studies have shown that under cyclic loading, a polycrystalline material reveals a dynamic instability of the structure, characteristic of a multilevel dissipative system, which is manifested in structural changes of a polycrystalline material, determining its ultimate state.

To determine the microdeformation state of the surface layer of a structural material, a statistical analysis of the fractal properties of non-localized damage was applied in phase diagrams of amplitudes of cyclic load stresses and mechanical deformations of local surface elements at the points of contact interaction with the vibrating sensor of the material during sequential scanning of the material surface. The Hurst index **H** of diagram, which in double logarithmic coordinates corresponds to the slope of a straight line (in radians) approximating the diagram, allows us to conclude about the current state of the fractal dimension of the local stress structure, and therefore about the degree of randomness of the microstrained state of the surface of the structural material as a result of the force load.

In order to monitor of damage, an experimental information system has been developed for analyzing the quantitative characteristics of scattered damage of an elastoplastic material by coherent-optical scanning of a deformed surface with a resolution of 0.2 $\mu\text{m}/\text{pixel}$.

As a result of analyzing the obtained characteristics of damage to the surface layer of steel X18H10T under monotonic stretching, it was found that the patterns of development of microplastic deformations on the surface of the samples exhibit correlation properties with the kinetics of the parameters of the statistical characteristics of the coherent beam speckle reflected from the surface of the analyzed object.

Key words: multiple damage, damage accumulation, construction materials, Hurst index.

Г. Г. Писаренко ORCID: 0000-0001-9557-9710.

О. В. Войналович ORCID: 0000-0002-9321-2672.

А. М. Майло ORCID: 0000-0002-4762-0886.

