

УДК 620.179

## Характеристики статистичних властивостей деформаційних дефектів конструкційних металевих матеріалів в межах пружних деформацій

Писаренко Г.Г., Майло А.М.

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

*Анотація.* У роботі встановлено кореляційні залежності структурних параметрів маловуглецевих сталей під час періодичного навантаження за пружних деформацій. За результатами проведених досліджень отримано кінетичні характеристики впливу параметра навантаженості на розподіл деформаційних дефектів поверхневого шару конструкційних матеріалів за пружних деформацій. Виявлено закономірності впливу пружних деформацій на розподіл дискретних властивостей поверхні. Виявлено лінійні залежності параметру розподілу дискретних властивостей рельєфу деформованої поверхні від навантаженості. Виявлено закономірності впливу пружних деформацій на розподіл дискретних властивостей поверхні. Встановлено, що незалежно від типу навантаження поверхнева щільність деформаційних дефектів розсіяного руйнування накопичується в матері до певного стану пошкодження, яке характеризується поточним станом щільності елементів деформаційних дефектів.

*Ключові слова:* довговічність, кореляційні характеристики, деформаційний рельєф, пошкоджуваність.

Умови експлуатації об'єктів сучасної техніки визначаються високими швидкостями навантаження, а вичерпання експлуатаційного ресурсу залежить від інтенсивності її навантаженості. Вибір матеріалів конструкційних елементів конструкцій визначається властивостями сталей і сплавів чинити опір руйнівній дії комплексу факторів діючих в експлуатаційних умовах на напружено-деформований стан конструктивних елементів. Визначити експлуатаційний ресурс можливо за критерієм, який пов'язує структурні перетворення матеріалу з енергією факторів зовнішнього впливу на метал. В такому випадку необхідно знати кореляційні залежності кінетичних характеристик пошкодження в умовах фізико-механічних факторів супутніх експлуатації напружених елементів металоконструкцій. Природньою властивістю конструкційних матеріалів є неоднорідність полікристалічної структури конструкційних сталей та сплавів. Ці фактори негативно впливають на розкид характеристик фундаментальних властивостей, які отримують під час механічних випробувань та використовують в розрахунках напружено-деформованого стану конструктивних елементів. З метою підвищення достовірності службових характеристик необхідно враховувати результати механічних випробувань, що характеризують природню неоднорідність конструкційного матеріалу, як фактор технологічного впливу на розсіювання даних експерименту, а також на кінетику пошкодження під час циклічного навантаження. Отже, дослідження характеристик експлуатаційних пошкоджень сталей і сплавів під час впливу технологічних і експлуатаційних факторів є актуальною науково-технічною задачею, рішення якої створює нові можливості для ефективного підвищення експлуатаційної надійності сучасного обладнання у транспорті та енергетиці. Питання надійності і довговічності в машинобудуванні пов'язані, перш за все, з опором втомі. Передчасне руйнування деталей, вузлів і машин становить 80–90% [1]. Причиною цього є динамічні та повторно-змінні навантаження, що викликають втомні пошкодження матеріалів. Актуальною задачею за таких умов є створення методів для оцінки працездатності металевих матеріалів і технічних об'єктів за технічним станом до певного стану пошкоженості.

Ефективним методом моніторингу пошкодження через неоднорідність деформаційного рельєфу може бути використання дискретних характеристик оптичних зображень структурних елементів на рівні мезо і мікроструктурних перетворень, що дозволяють з високою роздільною

здатністю контролювати неоднорідність деформацій на поверхні матеріалу [2]. Формування рельєфу має незворотний характер і пов'язане з розвитком локалізованих зрушень площин ковзання структурних елементів полікристала. Внаслідок чого відбувається накопичення множинного деформаційного пошкодження пружно-пластичного матеріалу. Рельєф поверхні має структуру характерну для кожного етапу навантаження структури рельєфу деформаційних дефектів поверхневого шару і відображається в кінетичних характеристиках розподілу деформаційних дефектів. Для кількісної оцінки амплітуди мікродеформацій поверхні об'єкта застосований безконтактний оптичний метод [3]

На основі результатів даного дослідження виконано оцінку закономірностей накопичення розсіяного пошкодження за пружних деформаціях зразків сталей Ст 3 і ст 20 отримана кількісна оцінка впливу фактора навантаженості на розподіл дискретних властивості деформованої поверхні по залежності щільності деформаційних ушкоджень (розсіяного пошкодження) пружно деформованої поверхні досліджуваних сталей від параметрів навантаженості. Незалежно від типу навантаження поверхнева щільність деформаційних дефектів розсіяного руйнування накопичується в матері до певного стану пошкодження, яке характеризується поточним станом параметру щільності елементів оптичного зображення ( $k$  – модуль) деформаційних дефектів у вигляді спекл-структури.

Дані про закономірності зв'язку амплітуди деформаційних пошкоджень поверхні з фактором навантаженості, отримані в цьому дослідженні, подібні опублікованими в роботі [4] за результатами малоциклового навантаження зразків аустенітної сталі марки SUS316NG які отримані методом прямих вимірювань амплітуди мікропластичної деформацій із застосуванням атомно-силового мікроскопу.

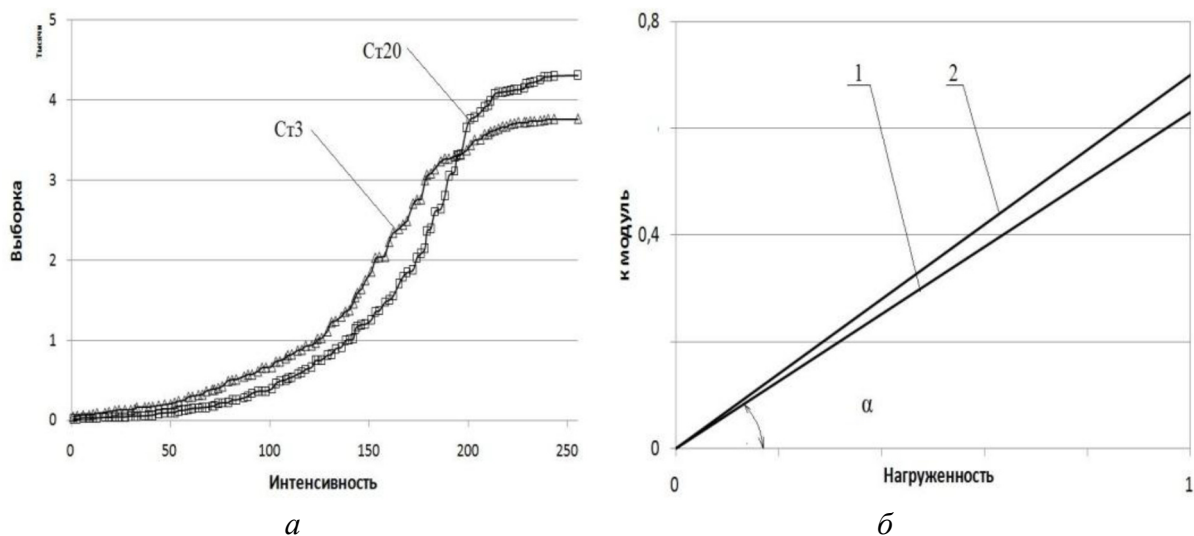


Рис. 1. *а* - Корреляційні характеристики деформаційних дефектів сталей Ст 3 та Ст 20; *б* – характеристики пошкоджуваності 1 – Ст 20, 2 – Ст – 3 за макропружного деформування

За результатами дослідження статистичних характеристик стану мікропластичних деформацій поверхні зразків сталей визначені параметри розсіяного пошкодження структури дискретних деформацій поверхні металевого полікристала. На основі результатів аналізу статистичних характеристик кореляційних діаграм встановлена лінійна залежність параметрів розподілу дискретних властивостей рельєфу деформованої поверхні від фактора навантаженості.

### Список літератури

1. Иванова В.С. Усталость металлов и сплавов / В.С. Иванова, В.Ф. Терентьев // Металловед. и терм. обр. – М.: ВИНТИ. – 1967. – С. 5-62.
2. И.С. Каманцев, А.П. Владимиров, Е.М. Бородин Исследование процессов зарождения трещин при многоциклового усталости трубной стали 09г2с с использованием метода спекл-интерферометрии Вестник ТГУ, т.18, вып.4, 2013 С. 1881-1882.
3. Писаренко, Г. Г. Вплив експлуатаційних чинників на закономірності розподілу дискретних деформацій поверхневого шару металоконструкцій за багатоциклового навантажування зразків / Г. Г. Писаренко, О. В. Войналович, А. М. Майло // Mechanics and Advanced Technologies. – 2018. – №3 (84). – Р. 39-44.
4. Атомно-силовая и сканирующая электронная микроскопия как метод оценки микропластической деформации / В. Н. Варавка, О. В. Кудряков, М. А. Каримбеков и др. // Технология металлов. — 2012. — № 10. — С. 52–56.

## Characteristics of statistical properties of deformation defects of structural metallic materials within elastic deformations

Pisarenko Georgiy, Maylo Andriy

*At this paper was established result of the correlations characteristics of structural parameters of low-carbon steels during periodic loading under elastic deformations. According to the results of the research, the kinetic characteristics of the influence of the load parameter on the distribution of deformation defects of the surface layer of structural materials under elastic deformations are obtained. The regularities of the influence of elastic deformations on the distribution of discrete surface properties are revealed. Linear dependences of the parameter of distribution of discrete relief properties of the deformed surface on loading are revealed. The regularities of the influence of elastic deformations on the distribution of discrete surface properties are revealed. It is established that regardless of the type of load, the surface density of deformation defects of scattered fracture accumulates in the mother to a certain state of damage, which is characterized by the current state of density of elements of deformation defects.*

Keywords: durability, correlation characteristics, deformation relief, damageability.