

МОНІТОРИНГ ПОШКОДЖУВАНOSTІ СТАЛІ Х18Н10Т ЗА ДІЇ ПЕРІОДИЧНОГО НАВАНТАЖУВАННЯ

Г.Г. Писаренко, А.М. Майло

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

The obtained characteristics of damageability steel H18N10T for the actions of periodic load applying developed methods for determining the inelastic properties in local areas of the surface layer of constructional materials. Developed methodical allows to improve reliability of determination of kinetics of damageability at early periods of load.

Пошкоджуваність полікристалічного конструкційного матеріалу під час втоми характеризується двома стадіями: розсіяного і локалізованого пошкодження. Стадія розсіяного пошкодження становить близько 90% довговічності. З метою підвищення достовірності визначення кінетики пошкоджуваності потрібно на ранніх періодах навантажування контролювати її кінетику. Пошкоджуваність полікристалічного конструкційного матеріалу проявляється у зміні його фізико-механічних властивостей на відомих структурних рівнях. Стадія розсіяного пошкодження характеризується осередковим розвитком пошкоджень по об'єму конструкційного матеріалу. Під час втоми, внаслідок природньої структурної неоднорідності полікристалічного матеріалу, присутня локальна неоднорідність напружень другого роду, які усереднюються в межах перенапружених зерен що обмежуються радіусом кореляції [1]. Поступово, по мірі напручування, зростає об'єм пошкодженого матеріалу, що проявляється у зниженні здатності чинити опір втомному руйнуванню по мірі навантажування, зазнаючи ряд стадій структурних перетворень. Пошкоджуваність розвивається локалізовано і має ознаки стохастичного процесу. Найбільш інтенсивно накопичення пошкоджень відбувається в поверхневому шарі конструкційного матеріалу [2]. У якості кількісної характеристики мікропластичних деформацій може бути прийнята непружна деформація за цикл $\Delta\varepsilon$. Відомі методи визначення $\Delta\varepsilon$ базуються на інтегральній оцінці непружних деформацій. Така оцінка не дозволяє на початкових стадіях навантажування контролювати кінетику пошкоджуваності. Характеристика пошкоджуваності отримана з застосуванням інтегральних методів визначення непружності не має монотонного характеру в залежності від стадій з узагальненою діаграмою втоми, що дозволяє застосування характеристики непружності для визначення граничного стану конструкційного матеріалу з певними обмеженнями. Для вирішення задач прогнозування і визначення поточного стану конструкційного матеріалу потрібно контролювати межу між стадією розсіяного і локалізованого пошкодження під час втоми.[3]. Для достовірного визначення граничного стану, що не дозволяють інтегральні методи, потрібно враховувати непружність за ознаками стохастичного процесу на мезоструктурному рівні.

Для визначення кінетики непружності було розроблено методи локального контролю непружності поверхневого шару зразка конструкційного матеріалу [4,5]. Один метод дозволяє контролювати кінетику пошкоджуваності конструкційного матеріалу за характеристикою розподілу кута зсуву фаз виміряного між зусиллям та деформацією в локальних зонах поверхневого шару конструкційного матеріалу, інший метод базується на визначенні амплітуди деформації у локально навантаженій зоні, яка пропорційна непружним деформаціям у цій зоні.

Методика випробувань. У якості об'єкта досліджень було вибрано лабораторні зразки зі сталі Х18Н10Т. Розподіл напружень по довжині робочої частини зразка під час періодичного навантажування показано на рис. 1. Навантаження консольно закріпленого зразка проведено в резонансному режимі на електродинамічному стенді за стандартною методикою [6]. Для зменшення впливу концентрації напружень в зоні кріплення, застосовано зразки галтельного типу. Руйнування зразка фіксували по падінню резонансної частоти коливань відносно її початкового значення на 3%. Зародження тріщини відбувалося у зразку

в січєні віддалєному на 13мм від мїсця кріплення зразка. Вимїри характеристик непружностї проводили по поверхнї зразка в межах зони з розмїрами 1625×30 мкм, у вїдповїдному сїчєні.

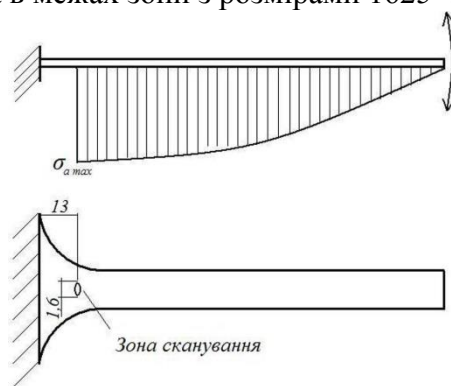
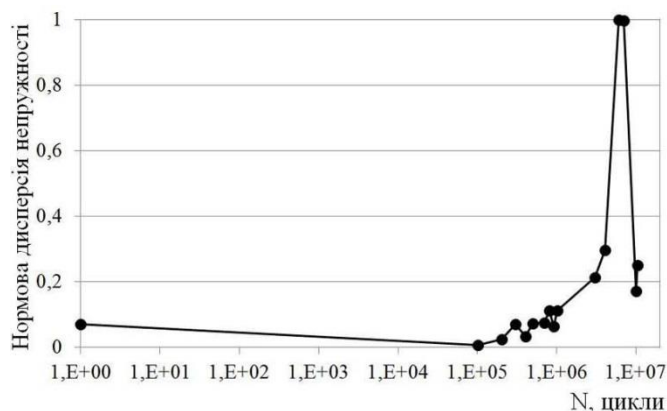
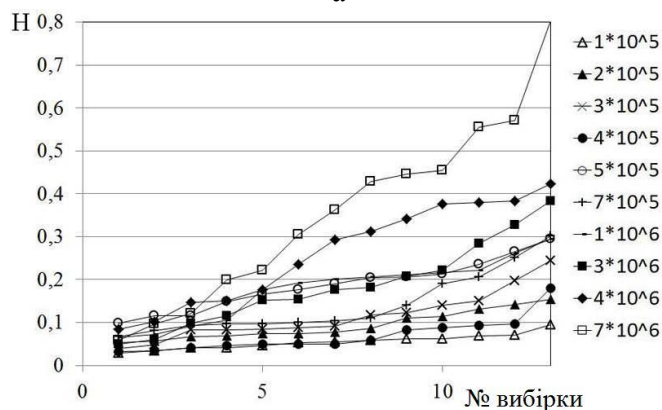


Рис. 1. Схема вимїрїв під час перїодичного навантажування.

Результати досліджень представленї характеристиками рис. 2 дозволяють на ранніх перїодах навантажування контролювати кїнетика пошкоджуваностї конструкційного матеріалу і визначити граничний стан.



а



б

Рис.2. Кїнетика непружностї сталї X18H10T: а – за дисперсією непружностї; б – за характеристикою накопичених непружних деформацій.

У якостї статистичної характеристик розподїлу непружних властивостей у локальній контрольованій зонї застосовано дисперсію, за характеристикою якої можна визначити кїнетика непружних властивостей конструкційного матеріалу. Початковому перїоду навантажування, інкубаційна стадія накопичення втомних пошкоджень, яка становить 10% відносної кількостї циклів напрацювання, на характеристиці рис. 2 а вїдповїдає спадна дїлянка до $1 \cdot 10^5$ циклів навантаження.

В дїапазонї довговїчностї $1 \cdot 10^6$ - $7 \cdot 10^6$ циклів вїдбувається зростання характеристики до максимального значення відносної дисперсії непружностї що дорївнює 1. Кїлькїсть циклів

напрацювання, що відповідає максимуму дисперсії становить 90% довговічності. У діапазоні $7 \cdot 10^6$ - $1 \cdot 10^7$ відбувається стрімкий спад, майже до вихідного значення характеристики непружності. Така екстремальна зміна характеристики може бути пов'язана з розвантаженням локально перенапружених об'ємів внаслідок зародження тріщини що спричиняє однорідний розподіл непружних деформацій мезоструктури полікристалу. У відповідності стадіям пошкоджуваності з узагальною діаграмою втоми, точка екстремуму може відповідати переходу від стадії розсіяного до стадії локалізованого пошкодження. Характеристика непружності (рис. 2 а) дозволяє контролювати кінетику пошкоджуваності конструкційного матеріалу у відповідності стадіям узагальною діаграмою втоми, але не дозволяє визначати граничний стан конструкційного матеріалу внаслідок немонотонності у всьому діапазоні довговічності.

Для визначення граничного стану конструкційного матеріалу за дії періодичного навантаження за непружними властивостями, проведено порівняння амплітудних характеристик накопичених непружних деформацій для визначеної кількості циклів напрацювання в координатах параметра N - порядковий номер амплітудного спектра. Параметр N [7] дозволяє виявити тенденцію ряду наслідувати тренд. Значення N , (показник Херста) характеризує розмах амплітуд спектру непружних деформацій і дозволяє визначати у часі кінетику процесу накопичення непружних деформацій за втоми. Отримані характеристики (рис. 2 б) розташовані віялоподібно відносно початку координат. Кут нахилу кожної характеристики зростає по мірі збільшення циклів напрацювання. Максимальний кут нахилу відповідає характеристиці з максимальним діапазоном амплітуд накопичених непружних деформацій, $N=0,08 \dots 0,8$ і відповідає напрацюванню зразка $N=7 \cdot 10^6$ циклів що становить 90% відносної кількості циклів напрацювання. Отже, значення показника $N=0,8$ може бути прийняте у якості критерію визначення граничного стану конструкційного матеріалу.

Висновки:

- Розроблено підходи визначення кінетики непружності сталі X18H10T, що дозволяють на ранніх стадіях навантаження контролювати кінетику її пошкоджуваності за характеристиками розподілу непружних властивостей поверхневого шару конструкційного матеріалу.
- Отримано амплітудні характеристики накопичених непружних деформацій сталі X18H10T що дозволяють за максимальним значенням показника $N=0,8$ контролювати граничний стан.

Література

1. Богачев И.Н. Статистическое металловедение / Богачев И. Н., Вайнштейн А. А., Волков С. Д. – Москва : Металлургия, 1984. – 176 с.
2. Murakami Y. Quantitative evolution of the effect of surface roughness on fatigue strength: effect depth and pitch of roughness / Y. Murakami, K. Takahashi, T. Yamashita // Nihon kakai gakkai ronbunshu. A=Trans. Jap. Soc. Mech. Eng. A. – 1997. – Vol. 63, № 612. – P. 1612–1619.
3. Трощенко В.Т., Хамаза Л.А. Условия перехода от рассеянного к локализованному усталостному повреждению металлов и сплавов. Сообщение 1. Размеры трещин при пределе выносливости 2014, №3. - С.5-20.
4. Г.Г. Писаренко, А.М. Майло Метод визначення статистичних властивостей поверхні неоднорідних матеріалів. Надійність і довговічність машин і споруд. – 2015. - Вип.40. – С. 158-164.
5. Майло А.Н. Резонансный метод контроля неупругости конструкционных материалов / А.Н. Майло // Пробл. прочн. – 2009. – № 3. – С. 124-133.
6. . Матохнюк Л. Е. Ускоренные усталостные испытания высокочастотным нагружением / Матохнюк Л. Е. – К. : Наук.думка, 1988. – 200 с.
7. Б.В. Киселев Об интерпретации статистического R-S-анализа (показатель Херста). Вопросы геофизики Вып 40. СПб., 2007 – (Ученые записки СПбГУ; № 440).