



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112409** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
G01N 3/00
G01N 27/00
G01R 19/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

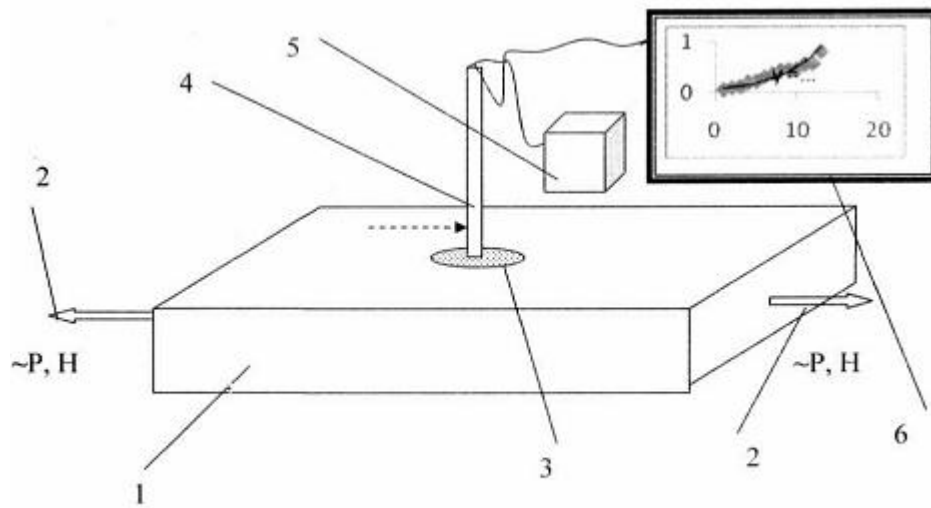
(21) Номер заявки: u 2016 07701	(72) Винахідник(и): Писаренко Георгій Георгійович (UA), Майло Андрій Миколайович (UA), Войналович Олександр Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 12.07.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.12.2016	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МІЦНОСТІ ІМЕНІ Г.С. ПИСАРЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Тимірязєвська, 2, м. Київ, 01014 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.12.2016, Бюл.№ 23	(74) Представник: Марченко Віталій Омелянович, реєстр. №10

(54) СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ ЦИКЛІЧНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ ЗА КРИТЕРІЕМ ГРАНИЧНОГО СТАНУ ПОШКОДЖЕНОСТІ ЛАБОРАТОРНОГО ЗРАЗКА КОНСТРУКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

(57) Реферат:

Спосіб прогнозування циклічної довговічності металоконструкції за критерієм граничного стану пошкодженості лабораторного зразка конструкційного матеріалу, виготовленого з матеріалу, тотожного матеріалу досліджуваної металоконструкції, під час якого до поверхні лабораторного зразка після дії на нього періодичного навантажування певної тривалості з нормованим зусиллям пружно притискають щуп датчика вимірювальної системи. Дискретно-поступово пересувають його по досліджуваній поверхні, вимірюють величини зсуву фаз між зондувальною та отриманою хвилями в окремих точках поверхні зразка та отримують вибірку даних щодо статистичних параметрів деформаційного гістерезису поверхневого шару металоконструкції. Далі будують експоненційну функцію кінетичної характеристики пошкодження у координатах: параметр Херста - довговічність, екстраполюють її до точки пересікання з лінією граничного значення параметра Херста та визначають прогнозовану циклічну довговічність, що відповідає цій точці на осі абсцис.

UA 112409 U



Фиг. 1

Пропонована корисна модель належить до нових методів дослідження нелокалізованого пошкодження металу, на яких базуються методи прогнозування залишкового ресурсу деталей машин, і дозволяє спрогнозувати циклічну довговічність металоконструкції на основі визначення параметрів характеристики накопичення пошкодження матеріалу лабораторних зразків для втомних випробувань від механічного періодичного навантажування, а отже, встановити граничні параметри пошкоженості.

Здебільшого ресурс деталей, що зазнають циклічного деформування, прогнозують на основі аналізу кривої втоми конструкційного матеріалу, експериментальні точки якої визначають шляхом циклічного деформування зразків до локального зруйнування. Для описання результатів втомних випробувань використовують певні залежності у межах статистичних моделей, що враховують розкидання за довговічністю величин параметрів, які характеризують механічні та втомні властивості матеріалу, як це зроблено у відомому методі [Савкин А.Н. Прогнозирование долговечности конструкционных сталей при циклическом нагружении / Известия Волгоградского государственного технического университета, 2009. - № 6. - Т. 6. - С. 27-32]. Згідно з цим методом моделюють накопичення пошкоженості у структурних елементах матеріалу з врахуванням зміни фізико-механічних властивостей матеріалу та параметрів циклічного навантажування.

Недоліком описаного методу є те, що у ньому не враховано локальні особливості структурних елементів пружно-пластичного тіла щодо накопичення енергії пластичного деформування за цикл навантажування. Це унеможливорює безпосереднє оцінювання граничної величини питомої енергії деформування на стадії зароджування магістральної втомної тріщини та не дає змоги врахувати рівень пошкоженості матеріалу в початковому стані, а також не дозволяє оцінити поточну величину накопиченого втомного пошкодження, спричиненого мікропластичним перетворенням структури матеріалу у процесі циклічного деформування.

Для оцінювання довговічності та надійності циклічно навантажених металоконструкцій необхідно використовувати статистичні моделі, що описують стадійність накопичення втомного пошкодження у зразках матеріалу. Важливим практичним наслідком цього підходу є можливість визначення рівня пошкоженості структурних елементів матеріалу до початку та на окремих стадіях циклічного навантажування лабораторних зразків, що досягає граничного значення відповідного до стану зруйнування лабораторного зразка або металоконструкції внаслідок ідентичного накопичення втомного пошкодження, еквівалентного питомому рівню мікропластичних деформацій.

Під час проведення патентно-інформаційних досліджень для підготовки цієї заявки авторами не було виявлено способу прогнозування циклічної довговічності металоконструкції за критерієм граничного стану пошкоженості лабораторного зразка конструкційного матеріалу, що враховував би вплив на пошкодженість матеріалу змін у структурних елементах пружно-пластичного тіла, що відповідають за накопичення енергії мікропластичних деформацій за цикл навантажування.

Тому пропонується спосіб спрямовано на вирішення задачі - створення способу прогнозування циклічної довговічності металоконструкції за критерієм граничного стану пошкоженості лабораторного зразка конструкційного матеріалу після періодичного навантажування, що полягає у визначенні положення точки на графіку в координатах параметр Херста (H) - довговічність (час t або кількість циклів N), що відповідає перетину кінетичної характеристики пошкодження з лінією граничного накопичення пошкоженості згідно з параметром Херста (H), що є фрактальним параметром кінетики складного об'єкта або статистичного процесу, що набуває нецілочисельних значень у діапазоні $\{0-1,0\}$.

Визначають показник Херста H за методом нормованого відхилення 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 апроксимувальної прямої (у радіанах), роблять висновок про поточний стан фрактальної розмірності структури локальних напружень, а отже, про ступінь хаотичності мікродеформаційного стану та пошкоженості поверхні конструкційного матеріалу внаслідок дії циклічного навантажування.

Пропонований спосіб прогнозування циклічної довговічності металоконструкції за критерієм граничного стану пошкоженості лабораторного зразка конструкційного матеріалу після періодичного навантажування передбачає статистичні вимірювання параметра матеріалу лабораторного зразка конструкційного матеріалу в початковому стані до початку циклічного навантажування, екстраполяцію експоненційної функції кінетичної характеристики пошкодження, побудованої у координатах: параметр Херста - довговічність, до точки пересікання з лінією граничного значення параметра Херста та визначення прогнозованої

довговічності, що відповідає цій точці на осі абсцис. До первинних даних щодо пошкодженості об'єкту вимірювання належать дані вимірювання кута зсуву фаз на площині розміром 10^6 мкм² з обсягом вибірки 10-100 точок, що забезпечує високу статистичну обґрунтованість достовірності прогнозування довговічності зразка металоконструкції до початку поширення магістральної тріщини за умов багатоциклової втоми.

Пропонований спосіб характеризується підвищеною точністю визначення статистичного параметра пошкодженості, як граничного параметра.

Суть пропонованої корисної моделі пояснюють за допомогою креслень.

На фіг. 1 показано схему вимірювання статистичного параметра накопичення пошкодженості (неоднорідності) у поверхневій зоні зразка на початковому та інших етапах циклічного навантажування зразка.

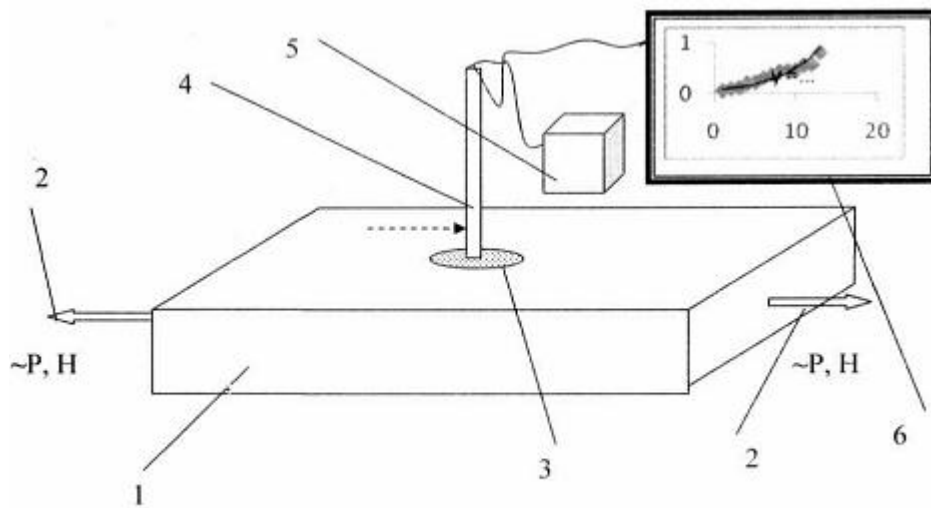
На фіг. 2 показано діаграму співвіднесення параметра Херста з довговічністю зразка у процесі циклічного навантажування, її апроксимацію експоненційною залежністю та значення довговічності (кількості циклів N) перед зруйнуванням, що відповідає граничній величині параметра Херста $H=0,8$.

На кресленнях позицією 1 позначено лабораторний зразок матеріалу, який за фізико-механічними властивостями матеріалу ідентичний матеріалу контрольованого об'єкта. Позицією 2 позначено періодично прикладену до зразка 1 силу розтягу-стиску величиною P. Позицією 3 позначено зону вимірювання (площину розміром 10^6 мкм²) на зразку 1, що зазнала дії максимальних циклічних напружень за пружно-пластичного деформування. Позицією 4 позначено щуп датчика, що здійснює дискретно-поступове пересування по досліджуваній поверхні зразка 1 та сканує її зондувальною хвилю. Позицією 5 позначено вимірювальну систему. Позицією 6 позначено дисплей персонального комп'ютера (ПК).

Приклад. Зображений на фіг. 1 лабораторний зразок матеріалу 1, що за фізико-механічними властивостями матеріалу ідентичний матеріалу контрольованого об'єкта, циклічно навантажують змінною силою 2 величиною P. У задані часові проміжки припинення циклічного навантажування до поверхні лабораторного зразка 1 у зоні пружно-пластичного деформування 3 пружно притискають щуп датчика 4 вимірювальної системи 5, дискретно-поступово пересувають його по досліджуваній поверхні, вимірюють величини зсуву фаз між зондувальною та отриманою хвилями в окремих точках поверхні зразка, отримують вибірку даних щодо статистичних параметрів деформаційного гістерезису поверхневого шару металоконструкції, будують початкову ділянку діаграми статистичного параметра H як кінетичної характеристики пошкодження, задають її експоненційною функцією певних параметрів, як це показано на дисплеї ПК 6. Далі, як це показано на фіг. 2, експоненційну функцію кінетичної характеристики пошкодження, побудованої у координатах: параметр Херста - довговічність, екстраполюють до точки пересікання з лінією граничного значення параметра Херста та визначають прогнозовану довговічність, що відповідає цій точці на осі абсцис.

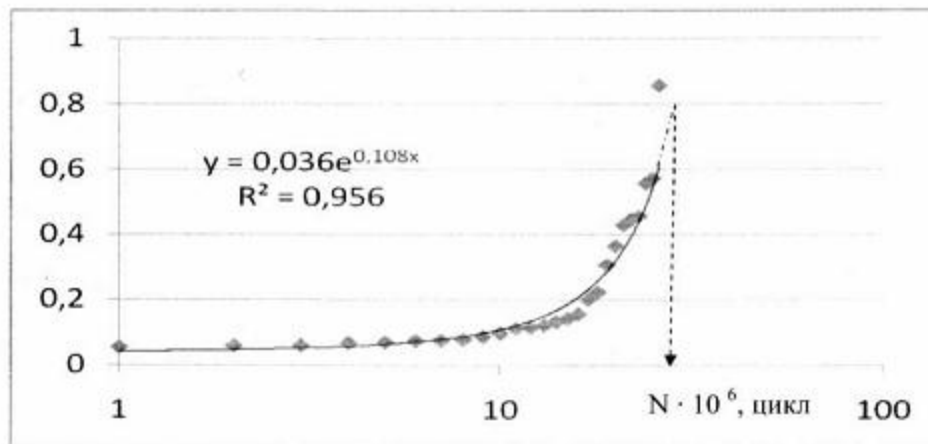
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб прогнозування циклічної довговічності металоконструкції за критерієм граничного стану пошкодженості лабораторного зразка конструкційного матеріалу, виготовленого з матеріалу, тотожного матеріалу досліджуваної металоконструкції, під час якого до поверхні лабораторного зразка після дії на нього періодичного навантажування певної тривалості з нормованим зусиллям пружно притискають щуп датчика вимірювальної системи, дискретно-поступово пересувають його по досліджуваній поверхні, вимірюють величини зсуву фаз між зондувальною та отриманою хвилями в окремих точках поверхні зразка та отримують вибірку даних щодо статистичних параметрів деформаційного гістерезису поверхневого шару металоконструкції, далі будують експоненційну функцію кінетичної характеристики пошкодження у координатах: параметр Херста - довговічність, екстраполюють її до точки пересікання з лінією граничного значення параметра Херста та визначають прогнозовану циклічну довговічність, що відповідає цій точці на осі абсцис.



Фиг. 1

H



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601