



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 4843

(13) U

(51) 7 G01N3/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ РІВНЯ ПОШКОДЖУВАНOSTІ МАТЕРІАЛУ

1

(21) 20040403254

(22) 29.04.2004

(24) 15.02.2005

(46) 15.02.2005, Бюл. № 2, 2005 р.

(72) Лебедєв Анатолій Олексійович, Музика Микола Романович

(73) ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МІЦНОСТІ ІМЕНІ Г. С. ПИСАРЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Спосіб оцінки рівня пошкоджуваності матеріалу внаслідок накопичення під робочим навантаженням довгострокових пошкоджень та короточасних випадкових пошкоджень, що містить операції визначення фізико-механічних характеристик матеріалу та порівняння параметрів розсіювання

2

визначених фізико-механічних характеристик до і після напруження, який відрізняється тим, що для кожного досліджуваного матеріалу за результатами випробувань будують тарувальну залежність між параметрами розсіювання будь-якої фізико-механічної характеристики даного матеріалу і фактичною пошкодженістю до її граничних значень, а оцінку рівня пошкодженості матеріалу чи залишкової міцності проводять шляхом порівняння параметрів розсіювання вимірюваного значення фізико-механічної величини чи сукупності вимірюваних значень фізико-механічних величин з відповідними значеннями тарувальних залежностей.

Корисна модель відноситься до способів дослідження матеріалів, зокрема до вимірювання характеристик фізико-механічних властивостей матеріалів при вивченні процесів руйнування.

Відомі способи оцінки рівня пошкоджуваності матеріалу в процесі напруження за результатами визначення механічних характеристик матеріалу - границі текучості, твердості, модуля пружності та ін., виважування, металографії, та вимірювання фізичних характеристик матеріалу таких як швидкість проходження звуку, електричний опір, внутрішнє тертя та ін. [Марковець М. П. Определение механических свойств материалов по твердости. - М: Машиностроение, 1979. - С. 40-43; Дрозд М.О. Определение механических свойств металла без разрушения. М.: Металлургия. 1965. - С. 147-156].

Застосування цих способів для оцінки рівня пошкоджуваності матеріалу в процесі напруження може привести до великих помилок, оскільки зв'язок між абсолютними значеннями вимірюваних параметрів і характеристиками структурного стану для широкого класу матеріалів неоднозначний і в деяких випадках суперечливий.

Із відомих способів оцінки рівня пошкоджуваності матеріалу внаслідок накопичення пошкоджень в процесі напруження найбільш близьким за своєю технічною суттю є спосіб, що містить в

собі операції вимірювання твердості матеріалу елемента конструкції на окремих стадіях напруження і визначення за параметрами розсіювання значень твердості ступеня пошкоджуваності матеріалу [Деклараційний Патент України на винахід № 52107А, МПК 7 G01N3/00, G01N3/40. Спосіб оцінки деградації матеріалу внаслідок накопичення пошкоджень в процесі напруження, "LM-метод твердості" / А.О. Лебедєв, М.Р. Музика, Н.Л. Волчек. - Бюл. №2, 2002 р.].

Однак, за описаним способом дуже складно і в багатьох випадках неможливо порівнювати ступінь розсіювання властивостей матеріалу з фактичною пошкодженістю, особливо з її граничними значеннями, що не дозволяє одержати достовірну оцінку ступеню пошкоджуваності матеріалу. Відомий спосіб дозволяє тільки якісно оцінити збільшення пошкоджуваності матеріалу при експлуатації конструкцій. Крім того, відомий спосіб не дозволяє проводити оцінку залишкової міцності матеріалу конструктивного елементу, тобто залишковий ресурс його роботи.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення такого способу оцінки рівня пошкоджуваності матеріалу внаслідок накопичення пошкоджень в процесі напруження, який би дозволив розширити функціональні можливості, зокрема, шляхом порівнювання ступенів розсіювання вла-

(19) UA (11) 4843 (13) U

стивостей матеріалу з фактичною пошкоджуваністю визначати залишкову міцність матеріалу конструктивного елементу, тобто залишковий ресурс його роботи

Поставлена задача вирішується пропонуванним способом, який, як і відомий спосіб оцінки рівня пошкоджуваності матеріалу внаслідок накопичення під робочим навантаженням довгострокових пошкоджень та короточасних випадкових пошкоджень, містить операції визначення фізико-механічних характеристик матеріалу та порівняння параметрів розсіювання визначених фізико-механічних характеристик до і після напрацювання, а, відповідно до пропозиції, для кожного досліджуваного матеріалу за результатами випробувань будують тарувальну залежність між параметрами розсіювання будь-якої фізико-механічної характеристики даного матеріалу і фактичною пошкодженістю до її граничних значень, а оцінку рівня пошкодженості матеріалу чи залишкової міцності проводять шляхом порівняння параметрів розсіювання вимірюваного значення фізико-механічної величини чи сукупності вимірюваних значень фізико-механічних величин з відповідними значеннями тарувальних залежностей

Тобто, поставлена задача вирішується шляхом визначення рівня пошкоджуваності матеріалу до стадії його руйнування за розсіюванням характеристик фізико-механічних властивостей матеріалу, чи за сукупністю цих характеристик, шляхом співставлення ступеню розсіювання властивостей матеріалу з його фактичною пошкоджуваністю, тобто шляхом співставлення ступеню розсіювання властивостей матеріалу після напрацювання з початковими і граничними значеннями характеристик розсіювання цих властивостей. Вказаний технічний результат досягається завдяки тому, що пропонуваний спосіб оцінки рівня пошкоджуваності матеріалу внаслідок накопичення під робочим навантаженням довгострокових пошкоджень та короточасних випадкових пошкоджень, містить як і відомий спосіб операції визначення фізико-механічних характеристик матеріалу та порівняння параметрів розсіювання - визначених фізико-механічних характеристик до і після напрацювання, який відрізняється тим, що для кожного досліджуваного матеріалу будують тарувальну залежність між параметрами розсіювання будь-якої фізико-механічної характеристики даного матеріалу і фактичною пошкоджуваністю до її граничних значень, а оцінку рівня пошкоджуваності матеріалу чи залишкової міцності проводять шляхом порівняння параметрів розсіювання вимірюваного значення фізико-механічної величини чи сукупності вимірюваних значень фізико-механічних величин з відповідними тарувальними залежностями

Відомо, що розсіювання вимірюваних характеристик фізико-механічних властивостей матеріалу, які корелюються з твердістю механічних - границі пропорційності, модуля нормальної пружності, границі текучості, границі міцності, границі тривкості, ударної в'язкості, опору втоми та інші, та фізичних - електричного опору, швидкості проходження звуку та інші, притаманне всім матеріалам, але ступінь розсіювання в значній мірі залежить

від ступеню однорідності структури матеріалу і, відповідно, від рівня його пошкоджуваності. Чим більше неоднорідність структури, тим більше розсіювання вимірюваних характеристик і параметрів величин. Обробку результатів вимірювання фізико-механічних характеристик за результатами фактичної пошкоджуваності матеріалу до граничних значень відповідно до тарувальної залежності проводять за двома параметрами розсіювання коефіцієнтом гомогенності m , який розраховують за формулою Гумбеля [Гумбель З. Статистика екстремальних значень М. Мир 1965 - 450 с.] і коефіцієнтом варіації v [Смирнов Н.В., Душин-Барковский И.В. Курс теории вероятности и математической статистики (для технических приложений) // - М. Наука, 1969, с. 91]

Для кожного матеріалу будують тарувальну залежність між параметрами розсіювання фізико-механічних характеристик матеріалу і фактичною пошкоджуваністю - рівнем пластичної деформації аж до граничного значення. Така тарувальна залежність є моделлю реального процесу пошкоджуваності матеріалу при рості загальної деформації внаслідок накопичення пошкоджень в процесі експлуатації конструктивного елементу під робочим навантаженням до їх граничного значення, яке відповідає руйнуванню конструктивного елемента. Таким чином, зіставляючи розрахункові значення коефіцієнтів гомогенності Вейбула і коефіцієнта варіації для вимірюваних значень фізико-механічних властивостей матеріалу зі значеннями, які беруться із тарувальних залежностей, можливо оцінити ступінь пошкоджуваності структурного стану матеріалу, чи то внаслідок випадкового перевантаження, чи за рахунок старіння під робочим навантаженням в заданих умовах роботи. А зіставляючи розрахункові значення коефіцієнтів гомогенності Вейбула і коефіцієнта варіації для вимірюваних значень фізико-механічних властивостей матеріалу з граничними значеннями тарувальних залежностей можливо визначити, що дуже важливо, залишковий ресурс роботи конструкції. При цьому використовують декілька фізико-механічних характеристик матеріалу тобто декілька тарувальних залежностей, що суттєво збільшує достовірність проведення оцінки.

Суть процесів, які проходять в відповідності з операціями запропонованого способу і їх послідовність полягають у наступному. Для матеріалу, який знаходиться у початковому стані і з якого було виготовлено конструктивний елемент, будують тарувальну залежність між параметрами розсіювання визначеної фізико-механічної характеристики і його пошкоджуваністю. Для цього роблять з цього матеріалу в початковому стані і після напрацювання, зразки і проводять велику кількість (не менше 15) випробувань на одновісний розтяг за стандартною методикою по ГОСТ 1497-84 "Металлы. Методы испытаний на растяжение". Дали будують криву деформування матеріалу, за якою визначають одну чи декілька механічних характеристик матеріалу, таких як границя пропорційності, модуль нормальної пружності, границя текучості, границя міцності та ін. За вимірюваними значеннями фізико-механічних властивостей матеріалу розраховують коефіцієнт гомогенності Вейбула за

методикою Гумбеля і коефіцієнт варіації. Для конкретної величини, що визначається, будують тарувальну залежність коефіцієнта гомогенності Вейбула і коефіцієнта варіації від фактичної пошкоджуваності матеріалу, за яку приймають рівень пластичного деформування. Далі визначені для пошкодженого матеріалу коефіцієнти гомогенності і варіації зіставляють з їх початковими значеннями неушкодженого матеріалу і згідно тарувальних кривих проводять оцінку ступеню пошкоджуваності матеріалу в процесі напрацювання, а зіставляючи їх з граничними значеннями визначають залишковий ресурс роботи, залишкову міцність. При цьому оцінку ступеню пошкоджуваності матеріалу проводять по тому коефіцієнту, який виявиться більш чутливим для даного матеріалу.

Описаний вище спосіб може бути використаний при дослідженні накопичення розсіяних пошкоджень у зв'язку з напрацюванням в умовах тривалого навантаження (визначення деградації матеріалу), а також для оцінки рівня пошкоджуваності матеріалу в залежності від рівня пластичних деформацій при випадковому короткотривалому перевантаженню конструктивного елементу.

Приклад

Достатньо показовим із точки зору можливостей пропонованого способу є результати досліджень трубних сталей марки 17Г1С після напрацювання на протязі 25 і 48 років в системі газопроводів, що експлуатуються в Україні. Із резервних труб і труб діючого газопроводу були вирізані по 20 зразків, на яких були проведені дослідження на одновісний розтяг і визначені границя текучості, відносна подовження і границя міцності матеріалу та розраховані коефіцієнт гомогенності Вейбула за методикою Гумбеля і коефіцієнт варіації для цих характеристик. Для матеріалу труби, який знаходився в початковому стані, була побудована тарувальна залежність коефіцієнта гомогенності і коефіцієнта варіації від рівня пластичної деформації. Випробування пока-

зали, якщо за перші 25 років коефіцієнт варіації зріс з 1,14 до 1,63, то за наступні 23 роки коефіцієнт варіації досяг значення 3,41. Зіставляючи останнє значення коефіцієнта варіації з тарувальною залежністю, відповідно до якої граничне значення коефіцієнта варіації дорівнює 5,02, що відповідає границі міцності матеріалу 17Г1С, можливо здійснити прогноз по довговічності досліджуваної труби. Якщо виходити з умови незмінності режиму експлуатації труби, то термін експлуатації цієї труби становить 60 років.

Таким чином, даний спосіб дозволяє провести оцінку рівня пошкоджуваності матеріалу внаслідок накопичення пошкоджень в процесі напрацювання, порівнювати ступінь розсіювання властивостей матеріалу з фактичною пошкоджуваністю і визначити залишкову міцність матеріалу конструктивного елементу, тобто залишковий ресурс його роботи.

Джерела інформації

1 Марковець М. П. Определение механических свойств материалов по твердости - М. Машиностроение, 1979 - С. 40-43]

2 Дрозд М. О. Определение механических свойств металла без разрушения М. Металлургия 1965 - С. 147-156]

2 Дрозд М. О. Определение механических свойств металла без разрушения М. Металлургия 1965 - с. 147-156

3 Деклараційний патент України на винахід № 52107, МПК 7 G01N3/00 G01N3/40 Спосіб оцінки деградації матеріалу внаслідок накопичення пошкоджень в процесі напрацювання, "LM-метод твердості" / А. О. Лебедєв, М. Р. Музика, Н. Л. Волчек - Бюл. №2 2002 р.

4 Гумбель Э. Статистика экстремальных значений М. Мир 1965 - 450 с.

5 Писаренко Г. С., Троценко В. Т. Статистичні теорії міцності та їх застосування до металокерамічних матеріалів - Київ. Видавництво Академії наук Української РСР, 1977 - 106 с.

