



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **90182** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
G01N 3/00

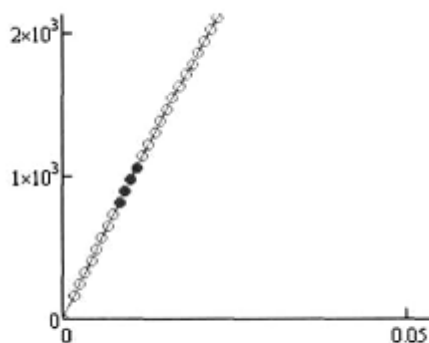
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 00065	(72) Винахідник(и): Дзюба Віктор Степанович (UA), Гусенко Олександр Русланович (UA)
(22) Дата подання заявки: 08.01.2014	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МІЦНОСТІ ІМ. Г.С. ПИСАРЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Тімірязєвська, 2, м. Київ, 01014 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.05.2014	(74) Представник: Марченко Віталій Омелянович, реєстр. №10
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.05.2014, Бюл.№ 9	

(54) НЕРУЙНІВНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

(57) Реферат:

Неруйнівний спосіб визначення характеристик міцності композиційного матеріалу включає підготовку зразка матеріалу для дослідження, встановлення зразка в захватах установки для проведення досліджень на міцність. Здійснюють навантажування зразка зусиллям, яке дорівнює 15-20 % від значення руйнівного навантаження, витримування зразка в такому навантаженому стані протягом 5-10 секунд. Під час навантажування здійснюють реєстрацію поточних даних дослідження, наступну їх обробку та візуалізацію для представлення результатів у вигляді графіків залежностей між напруженнями та деформуванням матеріалу. Характеристики міцності композиційного матеріалу визначають за значенням параметра пошкодження зразка, який обчислюють із рівнянь.



Фиг. 1

UA 90182 U

Корисна модель належить до способів дослідження композиційних матеріалів на міцність, а саме - до неруйнівного способу визначення характеристик міцності композиційного матеріалу внаслідок дії на нього статичного навантаження.

Відомий спосіб визначення характеристик міцності композиційного матеріалу, який включає операції підготовки зразка матеріалу для дослідження, відповідно до стандартів, встановлення зразка в установку для проведення досліджень, вибору параметрів навантаження зразка матеріалу для дослідження, проведення навантаження матеріалу зразка, реєстрації отриманих даних дослідження і їх наступну обробку та візуалізацією, зокрема подання результатів у вигляді графіків залежностей між напруженнями та деформуванням матеріалу [Лебедев А. А., Чаусов Н.Г. Новые методы оценки деградации механических свойств металла конструкций в процессе наработки. - Киев: Институт проблем прочности им.Г.С.Писаренко НАН Украины.- 2002 р.-С. 36].

Згаданий спосіб призначений для визначення характеристик міцності однорідних матеріалів, а саме матеріалів, що не мають чітко вираженої анізотропії або текучості матеріалу в залежності від напрямку навантаження. В той же час більшість композиційних матеріалів за своєю структурою не є однорідними, оскільки для їх створення використовують різні матеріали із різними властивостями та структурою, що також призводить до анізотропії властивостей такого матеріалу. Тому використання згаданого способу для них не надає можливості одержати достатньо достовірний результат через накопичення похибок, пов'язаних із анізотропією та неоднорідністю матеріалу. Це в результаті не дає можливості достовірно визначити параметри композиційного матеріалу.

Під час проведення патентно-інформаційних досліджень для підготовки цієї заявки авторами не було виявлено неруйнівних способів визначення характеристик міцності композиційних матеріалів внаслідок дії статичного навантаження, тому в основу запропонованої корисної моделі поставлено задачу створення такого способу, який надавав би можливість враховувати анізотропію матеріалу та неоднорідність структури матеріалу.

Пропонований неруйнівний спосіб визначення характеристик міцності композиційного матеріалу включає операції підготовки зразка композиційного матеріалу для дослідження, відповідно до чинних стандартів, встановлення зразка в захватах установки для проведення досліджень, вибору параметрів навантаження зразка матеріалу для дослідження, та операцію попереднього навантаження зразка зусиллям, при якому значення напруження, що виникає в матеріалі зразка, складає 15-20 % від значення граничного напруження. В такому навантаженому статичному стані зразок витримують протягом 5-10 секунд, реєструють отримані дані, здійснюють їх наступну обробку у відповідності до виразів:

$$L_3 = \left(\frac{\tau_3}{\tau_1} \right)^{N2+1} \cdot L_1 + \left[\left(\frac{\tau_3}{\tau_2} \right)^{N1+1} - \left(\frac{\tau_1}{\tau_2} \right)^{N1+1} \cdot \left(\frac{\tau_3}{\tau_1} \right)^{N2+1} \right] \cdot L_2$$

$$L_4 = \left(\frac{\tau_4}{\tau_1} \right)^{N2+1} \cdot L_1 + \left[\left(\frac{\tau_4}{\tau_2} \right)^{N1+1} - \left(\frac{\tau_1}{\tau_2} \right)^{N2+1} \cdot \left(\frac{\tau_4}{\tau_1} \right)^{N2+1} \right] \cdot L_2$$

де

L_i - пошкодження зразка (від 0 до 1);

N - степенева залежність накопичення пошкоджень матеріалу;

V - елементарна пошкодженість матеріалу;

τ - час витримки матеріалу зразка під початковим навантаженням.

Параметр "L" визначається за формулою:

$$L = 1 - \left[1 - (n+1) \cdot V(\tau) \cdot (V)^{-1} (V \cdot \tau)^{n+1} \right]^{\frac{1}{n+1}}, \quad (1)$$

де:

L - пошкодження зразка (від 0 до 1);

n - степенева залежність накопичення пошкоджень матеріалу;

V - елементарна пошкодженість матеріалу;

τ - час витримки матеріалу зразка під початковим навантаженням.

Роблячи перетворення формули (1), отримуємо наступну систему рівнянь:

$$L_3 = \left(\frac{\tau_3}{\tau_1}\right)^{N2+1} \cdot L_1 + \left[\left(\frac{\tau_3}{\tau_2}\right)^{N1+1} - \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{N1+1} \cdot \left(\frac{\tau_3}{\tau_1}\right)^{N2+1} \right] \cdot L_2$$

$$L_4 = \left(\frac{\tau_4}{\tau_1}\right)^{N2+1} \cdot L_1 + \left[\left(\frac{\tau_4}{\tau_2}\right)^{N1+1} - \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{N2+1} \cdot \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{N2+1} \right] \cdot L_2$$
(2)

Отримана система рівнянь дозволяє враховувати дії зовнішніх факторів (навантаження, коливання температури тощо), а також анізотропію матеріалу, неоднорідність його структури.

5 Пропонований спосіб базується на умові, що руйнування матеріалу відбувається внаслідок накопичення пошкоджень в ньому від дії зовнішніх факторів (навантаження, коливань температури тощо). При досягненні граничного значення пошкоджень відбувається руйнування матеріалу. Тобто, параметр L - пошкодженість матеріалу - може змінюватися від 0 (непошкоджений матеріал) до 1 (зруйнований матеріал) і відповідає виразу $0 \leq L \leq 1$.

10 Суть пропонованого способу пояснюється графічними матеріалами, де на фіг. 1 показано зону пружного лінійного деформування експериментальної діаграми деформування;

на фіг. 2 показано експериментальну діаграму деформування;

на фіг. 3 показано суміщені експериментальні та теоретичні діаграми деформування.

15 Приклад. Досліджували склопластик марки "СП-3", що має чітко виражену анізотропію, та є композиційним матеріалом. Дослідження проводились з урахування температурного фактора, а саме дослідження проводили при середній сезонній температурі експлуатації, періоду літо-осінь та весна-літо, що дорівнює 20 °С.

20 Попередньо з досліджуваного матеріалу у відповідності до стандарту ОСТ 92-1458-77 виготовили зразок. Отриманий зразок закріпили у захватах установки марки 1958-У 10М для дослідження на розтяг. Після встановлення зразка в захватах установки на робочій зоні зразка встановили датчик переміщення, типу 1958-ДР1. Встановлений датчик переміщення з'єднали із пристроєм для реєстрації та обробки даних - УСОД-1. Після встановлення датчика на зразок задавали параметри навантаження. Першим етапом задавали навантаження зразка на 20 % від значення навантаження руйнування матеріалу зразка. Зразок у такому навантаженому стані

25 витримували протягом 10 секунд. Пристрій для реєстрації та обробки даних протягом першого етапу навантаження фіксував вихідні дані та проводив їх обробку із наступним візуальним представленням на фіг. 1 - отримували експериментальну діаграму деформування зразка. Наступним етапом проводили подальше навантаження зразка до його руйнування. Пристрій для фіксування та обробки даних продовжував далі реєструвати та обробляти отримані дані із

30 їх наступною візуалізацією у вигляді експериментальної діаграми деформування, представленої на фіг.2.

Для подальшого проведення дослідження, а саме опрацювання отриманих результатів, брали зону пружного лінійного деформування на експериментальній діаграмі деформування матеріалу зразка. Дана зона зображена на фіг.1. Розрахунки виконували за допомогою

35 запропонованої системи рівнянь. Для цього на зоні пружного лінійного деформування (фіг.1) вибирали чотири точки. Також були відомі значення часу, напруги та деформації для кожної з вибраних точок. Відомі дані підставляли у запроповану авторами систему рівнянь

$$L_3 = \left(\frac{\tau_3}{\tau_1}\right)^{N2+1} \cdot L_1 + \left[\left(\frac{\tau_3}{\tau_2}\right)^{N1+1} - \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{N1+1} \cdot \left(\frac{\tau_3}{\tau_1}\right)^{N2+1} \right] \cdot L_2$$

$$L_4 = \left(\frac{\tau_4}{\tau_1}\right)^{N2+1} \cdot L_1 + \left[\left(\frac{\tau_4}{\tau_2}\right)^{N1+1} - \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{N2+1} \cdot \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{N2+1} \right] \cdot L_2$$

40 Далі за допомогою ЕОМ (в нашому випадку Dell INSPIRON) знаходили $N1$, $N2$. Після цього наступним етапом знаходили коефіцієнти $B1$ і $B2$, використовуючи формули

$$B1 = \frac{N1+1}{V\sigma^{N1} \cdot (\tau_2)^{N1+1}} \cdot L_2,$$

$$B1 = \frac{N1+1}{V\sigma^{N1} \cdot (\tau_2)^{N1+1}} \cdot \left[L_1 - \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{N1+1} \cdot L_2 \right].$$

Після отримання усіх необхідних коефіцієнтів проводили побудову теоретичного графіка в координатах $(\sigma - \varepsilon)$ - фактична залежність між напруженнями та деформуваннями. При цьому використали формули:

$$\sigma_k = V(\sigma) \cdot \tau_{k-1} \cdot (1 - L_{k-1}) + V(\sigma) \cdot (\tau_k - \tau_{k-1})$$

$$\varepsilon_k = \frac{V(\sigma) \cdot \tau_k}{E} + \frac{2 \cdot L_k \cdot S}{V(\sigma) \cdot \tau_k},$$

де:

$V(\sigma)$ - швидкість навантаження;

τ - час для методичних точок (знаходяться за формулою $\tau_k = j \cdot \frac{\tau_{\text{разр.}}}{k}$; $j=2 \dots k$, $\tau_{\text{разр}}$ - час до руйнування);

E - початковий модуль пружності;

S - площа діаграми $(\sigma - \varepsilon)$.

Отримані дані візуалізували за допомогою графіку в координатах $(\sigma - \varepsilon)$ - фіг.3 - суміщенням із експериментальною діаграмою деформування (фіг.2).

Таким чином, використання пропонованого неруйнівного способу визначення характеристик міцності композиційного матеріалу надає можливість знаходити характеристики міцності матеріалу, враховуючи анізотропію та неоднорідність структури матеріалу. Це підтверджено експериментально.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Неруйнівний спосіб визначення характеристик міцності композиційного матеріалу, який характеризується тим, що включає підготовку зразка матеріалу для дослідження, встановлення зразка в захватах установки для проведення досліджень на міцність, навантажування зразка зусиллям, яке дорівнює 15-20 % від значення руйнуючого навантаження, витримання зразка в такому навантаженому стані протягом 5-10 секунд, реєстрацію під час навантажування поточних даних дослідження, виконання їх наступної обробки та візуалізацію для представлення результатів у вигляді графіків залежностей між напруженнями та деформуванням матеріалу, а характеристики міцності композиційного матеріалу визначають за значенням параметра L , який обчислюють із рівнянь (1) і (2):

$$L_3 = \left(\frac{\tau_3}{\tau_1}\right)^{N_2+1} \cdot L_1 + \left[\left(\frac{\tau_3}{\tau_2}\right)^{N_1+1} - \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{N_1+1} \cdot \left(\frac{\tau_3}{\tau_1}\right)^{N_2+1} \right] \cdot L_2$$

$$L_4 = \left(\frac{\tau_4}{\tau_1}\right)^{N_2+1} \cdot L_1 + \left[\left(\frac{\tau_4}{\tau_2}\right)^{N_1+1} - \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{N_1+1} \cdot \left(\frac{\tau_4}{\tau_1}\right)^{N_2+1} \right] \cdot L_2,$$

де

L_i - пошкодження зразка (від 0 до 1);

N - степеневі залежності накопичення пошкоджень матеріалу;

τ - час витримки матеріалу зразка під початковим навантаженням,

$$L = 1 - \left[1 - (n+1) \cdot B(\tau) \cdot (V)^{-1} (V \cdot \tau)^{n+1} \right]^{\frac{1}{n+1}}, \quad (1)$$

де:

L - пошкодження зразка (від 0 до 1);

n - степеневі залежності накопичення пошкоджень матеріалу;

B - елементарна пошкодженість матеріалу;

V - швидкість навантаження;

τ - час витримки матеріалу зразка під початковим навантаженням.

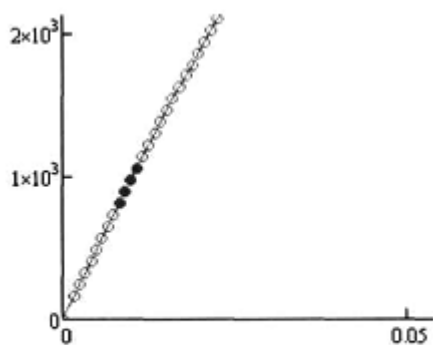


Fig. 1

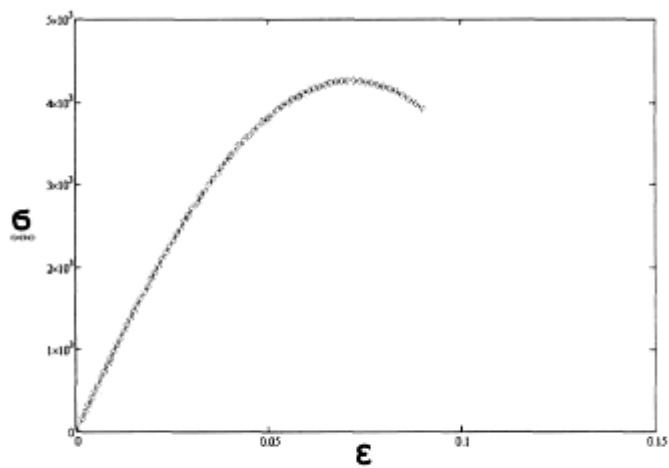


Fig. 2

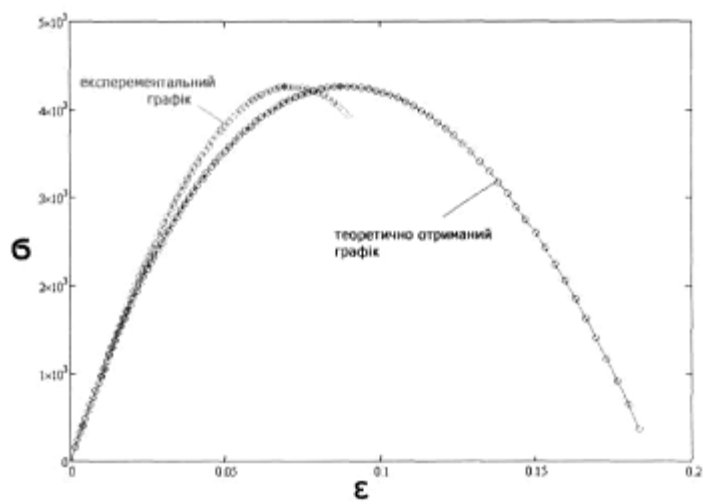


Fig. 3

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

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

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