

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН КОЕФІЦІЄНТІВ ІНТЕНСИВНОСТІ НАПРУЖЕНЬ ЗА ДАНИМИ ВИМІРЮВАННЯ ПОГЛИНАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ СВІТЛА

**Ю. А. Рудяк**, канд. фіз.-мат. наук.,

Тернопільський державний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського  
МОЗ України, м. Тернопіль

Для визначення величин коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН) запропоновано застосовувати п'єзооптичний ефект поглинаючого середовища. Розроблено метод визначення КІН за даними вимірювання поглинання інтенсивності світла. Одержано формули для випадків, коли зондує випромінювання є поляризованим та неполяризованим.

**Ключові слова:** тензор діелектричної проникності, поглинання світла, п'єзооптичний ефект, коефіцієнт інтенсивності напружень, механіка руйнування.

### ВСТУП

Величини коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН) визначають напружений стан поблизу вершини тріщини. Багато чисельних та експериментальних методів вирішують цю проблему [1, 2, 5]. Серед експериментальних - поляризаційно-оптичний є найбільш застосованим для рішення задач механіки руйнування. При цьому величини КІН визначають за даними фотопружних вимірювань [2, 3]. Тим не менше, завжди є цікавим та актуальним розширення арсеналу експериментальних методів для рішення задач механіки руйнування. У роботах [3, 4] наведено дані по визначенню напружено-деформованого стану (НДС) за даними вимірювання поглинання світла. Застосовуючи ці підходи до механіки руйнування, одержано формули, які дозволяють визначити величини КІН, використовуючи п'єзооптичний ефект поглинаючого середовища. Метою роботи було розробити метод визначення величин КІН за даними вимірювання поглинання інтенсивності світла.

### ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою роботи було розробити метод визначення величин КІН за даними вимірювання поглинання інтенсивності світла. Для визначення величин КІН запропоновано застосувати п'єзооптичний ефект поглинаючого середовища. Знайдено сумісне рішення рівнянь, які описують напружений стан в околі вершини тріщини (пружня асимптотика Ірвіна-Вестергаарда) та метод визначення НДС, який базується на п'єзооптичному ефекті поглинаючого середовища. Розглянуті варіанти, коли зондує випромінювання поляризоване та неполяризоване.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Теоретичне обґрунтування методу визначення величин КІН, який використовує п'єзооптичний ефект поглинаючого середовища**

Розглянемо варіант, коли зондує випромінювання поляризоване.

Напружений стан поблизу берегів тріщини відповідає I типу деформації – нормальний відрив. Запишемо формули Ірвіна-Вестергаарда для цього випадку:

$$\sigma_x = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cdot f_1(\Theta),$$

$$\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cdot f_3(\Theta). \quad (1)$$

Додаємо почленно рівняння системи (1):

$$\sigma_x + \sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} [f_1(\Theta) + f_3(\Theta)]. \quad (2)$$

Враховуючи, що для пружної області  $\sigma_x + \sigma_y = \sigma_1 + \sigma_2$ , запишемо вираз для визначення  $K_I$ :

$$K_I = \frac{\sqrt{2\pi r}(\sigma_1 + \sigma_2)}{f_1(\Theta) + f_3(\Theta)}. \quad (3)$$

У роботі [3] наведено формули, які пов'язують величини головних напружень  $\sigma_1$  та  $\sigma_2$  зі зміною інтенсивності поляризованого світла, яке вимірюється на виході з об'єкту, при його навантаженні:

$$\frac{\lambda}{4\pi d} \ln(I_0 / I_1) = L_1 \sigma_1 + L_2 \sigma_2, \quad (4)$$

$$\frac{\lambda}{4\pi d} \ln(I_0 / I_2) = L_1 \sigma_2 + L_2 \sigma_1, \quad (5)$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі зондуючого випромінювання;

$I_0$  – інтенсивність світла для ненавантаженого об'єкта;

$I_1$  – інтенсивність світла на виході для навантаженого об'єкта, поляризація вздовж головного напрямку 1;

$I_2$  – інтенсивність світла на виході для навантаженого об'єкта, поляризація вздовж головного напрямку 2;

$d$  – товщина пластини;

$L_1, L_2$  – константи матеріалу.

Перетворюючи формулу (3) з врахуванням (4) та (5), одержимо формулу (6) для визначення величини КІН  $K_I$  за даними вимірювання поглинання світла:

$$K_I = \frac{\lambda \ln\left(\frac{I_0^2}{I_1 I_2}\right)}{2\sqrt{\frac{2\pi}{r}} d [f_1(\Theta) + f_3(\Theta)]}, \quad (6)$$

де  $I_0$  – інтенсивність світла на виході для зони без впливу тріщини (вважаємо, що компоненти загального напруженого стану  $\sigma_{ij} \gg \sigma_{ij}^0$ ,

де  $\sigma_{ij}^0$  – компоненти основного напруженого стану);

$I_1$  – інтенсивність світла на виході для зони дії пружної асимптотики, поляризація вздовж головного напрямку 1;

$I_2$  – інтенсивність світла на виході для зони дії пружної асимптотики, поляризація вздовж головного напрямку 2;

$r$  – радіус-вектор точки виміру

$f_1(\Theta)$ ,  $f_3(\Theta)$  – функції кута наближення до вершини тріщини.

Розглянемо варіант, коли зондує випромінювання неполяризоване.

По закону Гука в зоні пружності

$$\sigma_x + \sigma_y = 2G(\varepsilon_x + \varepsilon_y) + \psi^0[(\varepsilon_x + \varepsilon_y) - \mu(\varepsilon_x + \varepsilon_y)] = [2G + \psi^0(1 - \mu)](\varepsilon_x + \varepsilon_y). \quad (7)$$

Для головних напружень і деформацій рівняння (7) набуде вигляду:

$$\sigma_1 + \sigma_2 = [2G + \psi^0(1 - \mu)](\varepsilon_1 + \varepsilon_2). \quad (8)$$

Вирішуючи разом (3) та (8), одержуємо:

$$K_I = \frac{\sqrt{2\pi r}[2G + \psi^0(1 - \mu)](\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{f_1(\Theta) + f_3(\Theta)}. \quad (9)$$

Використовуючи дані роботи [3], одержимо вираз для визначення  $K_I$  за даними вимірювання поглинання світла

$$K_I = \frac{\sqrt{2\pi r}[2G + \psi^0(1 - \mu)]\ln(I_0 / I)}{d\mu[f_1(\Theta) + f_3(\Theta)]}, \quad (10)$$

де  $I_0$  – інтенсивність світла на виході для зони без впливу тріщини;

$I$  – інтенсивність світла на виході для зони дії пружної асимптотики.

#### ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано рішення задач механіки руйнування, яке використовує п'єзооптичний ефект поглинаючого середовища.
2. Одержано формули для визначення КІН за даними вимірювання поглинання світла у випадках, коли зондує випромінювання є поляризованим та неполяризованим..

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА

*Рудяк Ю.А., канд. физ.- мат. наук,  
Тернопольский государственный медицинский университет им. И. Я. Горбачевского,  
г. Тернополь, Украина*

*Для определения величин КИН предложено применять пьезооптический эффект поглощающей среды. Разработан метод определения КИН по данным измерения поглощения интенсивности света. Получены формулы для случаев, когда зондирующее излучение является поляризованным и неполяризованным.*

**Ключевые слова:** тензор диэлектрической проницаемости, поглощение света, пьезооптический эффект, коэффициент интенсивности напряжений, механика разрушения.

#### METHOD FOR DETERMINING THE VALUES OF THE STRESS INTENSITY FACTOR ACCORDING TO MEASUREMENT OF ABSORPTION INTENSITY OF THE LIGHT

*Yu. A. Rudyak,  
SHEI "I.Ya. Gorbachevsky Ternopil State Medical University Ministry of Health of Ukraine»*

*Piezo optic effect of absorbing medium was proposed for determination of the values of stress intensity factor (SIF). Our method of determination of the SIF was based on data of measurement of the absorption of light intensity. Formulas for polarized and unpolarized probing radiation have been detected.*

**Key words:** tensors of dielectric permeability, rate of light absorption, polarized emission, stress intensity factor, fracture mechanics

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Каминский А. А. Механика разрушения полимеров / А. А. Каминский, Д. А. Гаврилов – К.: Наук. думка, 1988. – 224 с.
2. Кепич Т. Ю. Напряженное состояние тонкостенных сварных конструкций со сквозными и поверхностными трещинами в зоне шва / Т. Ю. Кепич, Ю. А. Рудяк // Автомат. сварка. – 1988. – № 9. – С. 9-13.
3. Кепич Т. Ю. Оптический метод визначення напружено-деформованого стану об'єктів шляхом аналізу поглинання світла / Т. Ю. Кепич, О. В. Мильников, Ю. А. Рудяк // Вісник КНУ. Серія фіз.- мат. науки. – 2003. - Вип. 5. – С. 45-53.
4. Пат.АС СССР, М5 кл. G01 В 11/18 Способ определения напряженно-деформированого состояния объекта/ Мильников А.В., Рудяк Ю.А.- №1578460 от 15.03.90.
5. Фриштер Л. Ю. Расчетно-экспериментальный метод исследования НДС составных конструкций в зонах концентрации напряжений: автореф. дис... на соиск. науч. степени д-ра физ.-мат. наук / Л. Ю. Фриштер. – Москва, 2009. – 40 с.

*Надійшла до редакції 30 жовтня 2012 р.*