

О.І. Давиденко, Донбаський державний технічний університет

П.М. Кір'язєв, Донбаський державний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Давиденко О.І., Кір'язєв П.М.

Визначення параметрів тріщиностійкості методом скінченних елементів
У статті запропоновано методику визначення параметрів тріщиностійкості за допомогою метода скінченних елементів.

Ключові слова: тріщиностійкість, метод скінченних елементів, коефіцієнти інтенсивності напруг.

Давиденко А.И., Кирьязов П.Н.

Определение параметров трещиностойкости методом конечных элементов

В статье предложена методика определения параметров трещиностойкости с помощью метода конечных элементов.

Ключевые слова: трещиностойкость, метод конечных элементов, коэффициенты интенсивности напряжений.

Методи оцінки тріщиностійкості в механіці руйнування засновані на визначенні розмірів дефекту (тріщини). Ураховуючи, що найнебезпечнішими з погляду впливу на міцність конструкції є тріщини відриву, як спосіб визначення критичних параметрів тріщиностійкості може бути запропонований спосіб, заснований на повних діаграмах деформації малогабаритних зразків [1–3]. Визначивши експериментально [1–3] критичні параметри тріщиностійкості $\delta_{кр}$, $I_{кр}$, K_{1C} для цього типу тріщини, граничний стан тріщини типу I записується у вигляді:

$$K_1 = K_{1C} \quad .$$

Обчислення K_1 для конструкції з тріщиною може бути виконано методом скінченних елементів (МКЕ).

Нижче наведено результати визначення коефіцієнта інтенсивності напруг у шийці експериментального малогабаритного зразка з тріщиною критичного розміру МКЕ з використанням обчислювального комплексу „Ліра” та його зіставлення із значенням K_{1c} , обчисленим згідно з методикою [3]. Крок розбиття пластини на кінцеві елементи біля тріщини дорівнював $1/2\pi$ мм.

Знайдене значення коефіцієнта інтенсивності напруг $K_1 = 1,61$ кН/мм^{3/2} перевищує критичне значення $K_{1c} = 0,96$ кН/мм^{3/2}.

Таким чином, критична довжина тріщини, відповідна нестабільному розвитку, знаходиться в інтервалі між $l = 0,16$ і $l = 1,12$ мм. Це повністю відповідає тим достовірним експериментальним даним, що були отримані на малогабаритних зразках.

Достовірність визначення коефіцієнта інтенсивності напруг по величинах головних напруг, які були знайдені за допомогою МКЕ, підтверджується зіставленням з чисельними результатами рішення задачі про розтягування прямокутної пластини кінцевої довжини, що наведені в роботі проф. Г.П. Черепанова [4].

Розглядалися прямокутні пластини кінцевої довжини (рис. 1) з дотриманням співвідношень розмірів L/b і b/l .

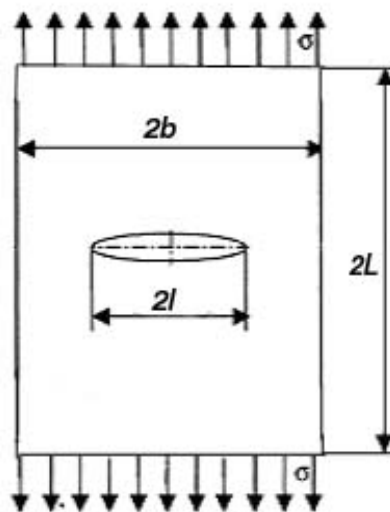


Рис.1. Пластина з центральним розрізом

Обчислення полів напруг і деформацій виконано шляхом рішення звичайної крайової задачі для ідеалізованого тіла (ідеальна площинна тріщина, пружне середовище, малі деформації). У кінцево-елементній моделі врахована симетрія задачі. Розглядалась половина, а не чверть області (щоб можна було визначити напруги безпосередньо по вісі тріщини).

Розмір чарунки сітки скінченних елементів (2×2мм і 0,5×0,5мм) вибирався таким чином, щоб визначати головні напруги в центрі кінцевого елемента на відстані 1мм від вершини тріщини. З використанням знайдених значень головних напруг на відстані 1мм від вершини тріщини з формули Ісида [4]:

$$K_1 = \sigma \sqrt{\pi l} F(l/b)$$

обчислювали значення функції $F(l/b)$.

Порівняння значень функції, одержаних з використанням обчислювального комплексу „Ліра Windows”, з відомим рішенням Ісида [4], наведено на рисунку 2. За рисунком 2 значення функції $F(l/b)$, отримані за наведеною методикою, можна порівняти із значеннями, які були в роботах Ісида [4].

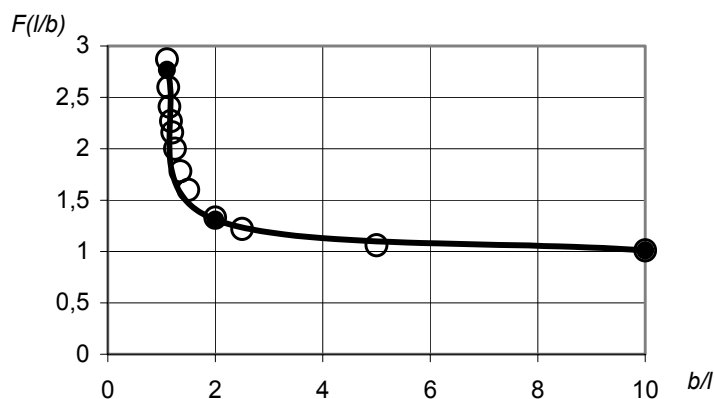


Рис.2. Залежності функцій $F(l/b)$ від довжини тріщини для прямокутної пластини кінцевої довжини з центральним розрізом:

- ○ ○ – результати, одержані Ісида [4];
- — — — — результати, одержані з використанням обчислювального комплексу «Ліра Windows»

Середня нев'язка обчислення функції $F(l/b)$, одержана для кінцево-елементної моделі з рівномірною сіткою вузлів порівняно з рішенням Ісида [4], склала 3,46%. Для кінцево-елементної моделі, у якої центр ваги елемента, що примикає до вершини тріщини, знаходиться на вісі тріщини на відстані 1мм (рис. 3), при співвідношенні розмірів $b/l=2$ і $L/b=1$ помилка у визначенні функції Ісида [4] склала 1,39%.

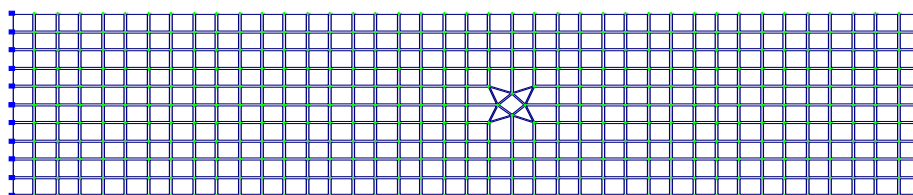


Рис.3. Орієнтація діагоналі кінцевого елемента, розташованого у вершині тріщини, уздовж лінії розповсюдження тріщини

Таким чином, отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що визначення коефіцієнтів інтенсивності напруг по величинах головних напруг на відстані 1 мм від вершини тріщини в напрямі її розвитку дозволяє надійно вирішувати задачі тріщиностійкості.

Література

1. **Лебедев А. А., Чаусов Н. Г.** До оцінки тріщиностійкості пластичних матеріалів. // Проблеми міцності. – 1982. – № 2. – С. 7–13.
2. **Лебедев А. А., Чаусов Н. Г.** Феноменологічні основи оцінки тріщиностійкості матеріалів по параметрах спадаючих ділянок діаграм деформацій // Проблеми міцності. – 1983. – № 2. – С. 6–10.
3. **Давиденко А. І.** Тріщиностійкість і несуча здатність конструкцій при повторних навантаженнях. – Алчевськ : „Ладо”, ДонГТУ, 1999. – 188 с.
4. **Черепанов Г. П.** Механика хрупкого розрушення. – М. : Наука, 1974. – 640 с.

Davidenko A.I., Kiryazev P.N.

Determination of parameters crack toughness by the method of finite elements.

The method of determination of parameters crack toughness by the method of finite elements is offered in the article.

Keywords: crack toughness, method of finite elements, coefficients of intensity of tensions.