

УДК 670.191.33

Станько А., магістр; Сташків М., к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МОДЕЛЮВАННЯ СМУГИ З КРАЙОВОЮ ПОПЕРЕЧНОЮ ТРІЩИНОЮ ПРИ ОДНОВІСНОМУ РОЗТЯГУ

Stanko A., mag.; Stashkiv M., Ph.D., Assoc. Prof.

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

MODELING A STRIP WITH AN EDGE CRACK FOR AXIAL TENSION

При моделюванні напружено - деформованого стану (НДС) елементів з тріщиною методом скінчених елементів, необхідно забезпечити побудову ефективної сітки скінчених елементів (МСЕ) для отримання достовірних результатів.

Адекватність моделі можна оцінити, моделюючи елемент з тріщиною для якого вже отримано рішення задачі аналітичними методами чи фізичним експериментом.

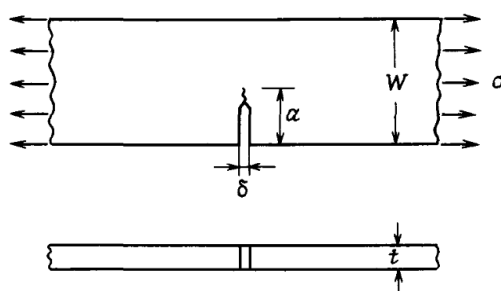
Мета роботи – отримати адекватні результати комп'ютерного моделювання елемента з тріщиною засобами програмного комплексу ANSYS Workbench Academic.

Об'єктом моделювання обрано смугу з крайовою поперечною тріщиною при одновісному розтягу, для якої існують точні аналітичні розв'язки задачі з визначення коефіцієнта інтенсивності напружень (КІН) у вершині тріщини [1, с. 51].

Моделювали зразок довжиною 100 мм, шириною $W = 20$ мм та товщиною $t = 10$ мм з конструкційної сталі з $\sigma_T = 210$ МПа та коефіцієнтом Пуассона $\nu = 0,3$. Напруження одновісного розтягу $\sigma = 100$ МПа. Довжина тріщини $a = 2,5$ мм. (рис. 1). Для зразка із такими розмірами, розрахований за [1] КІН становить $K_I = 342,175 \text{ МПа}\sqrt{\text{мм}}$.

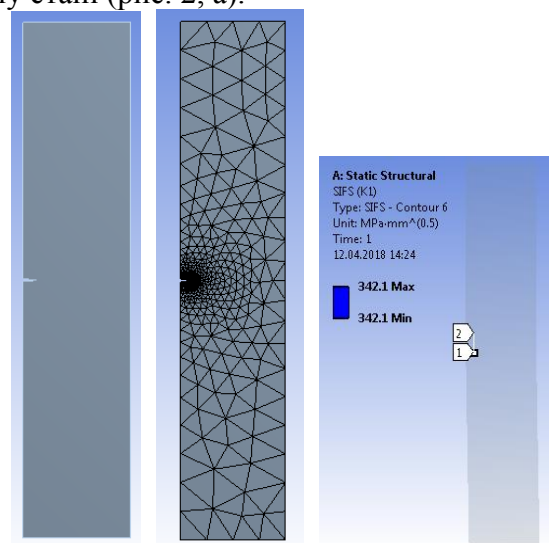
Для моделювання крайової тріщини засобами ANSYS Workbench Academic застосовано опцію Pre-Meshed Crack, яка вимагає задання користувачем цілого ряду параметрів, на відміну від опції Semi-Elliptical crack, яка дозволяє моделювати поверхневу пів-еліптичну тріщину практично у автоматичному режимі [2].

У першому варіанті смугу з крайовою тріщиною моделювали як поверхню нульової товщини при плоскому деформованому стані (рис. 2, а).



$$K_I = \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a} \cdot F_I(\alpha);$$
$$\alpha = a/W;$$
$$F_I(\alpha) = 1.12 - 0.231\alpha + 10.55\alpha^2 - 21.72\alpha^3 + 30.39\alpha^4$$

Рис. 1. Схема смуги з крайовою поперечною тріщиною



а) б) в)

Рис. 2. Плоска модель смуги з крайовою поперечною тріщиною

Для створення сітки скінчених елементів застосовано метод All Triangles. Розмір тетраедричних елементів глобальної сітки - 3...5 мм, локальної - 0,1...0,5 мм (рис. 2, б).

У другому варіанті смугу з крайовою тріщиною моделювали як об'ємне тіло. Для створення сітки скінчених елементів застосовано метод MultiZone. Розмір гексагональних елементів глобальної сітки - 5 мм (рис. 3, а). Для побудови локальної сітки у вершині тріщини застосовано метод Virtual Topology (рис. 2, в), а фронт тріщини розбито на 15 ділянок. Розміри елементів локальної сітки - 0,1...0,75 мм.

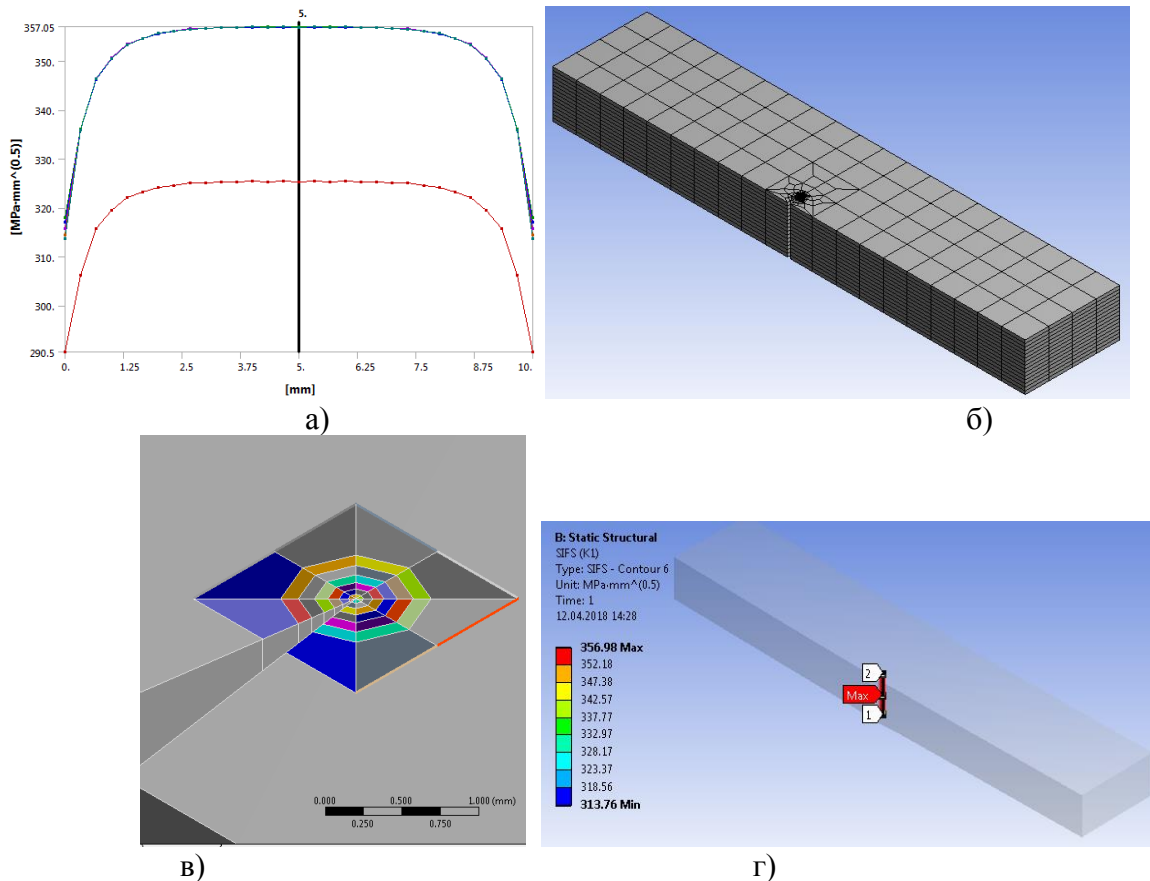


Рис. 3. Об'ємна модель смуги з крайовою поперечною тріщиною

Для першого варіанту побудови моделі смуги з крайовою тріщиною (при $t=0$) отримано значення КІН у вершині тріщини $K_I = 342,1 \text{ МПа}\sqrt{\text{мм}}$ (рис. 2, в). Розбіжність між теоретичним значенням КІН та результатом моделювання мізерна – 0,02%.

Для другого варіанту розрахунок КІН у вершині крайової тріщини проведено по шести контурах (наближеннях) і отримано значення $K_I \approx 357 \text{ МПа}\sqrt{\text{мм}}$ (рис. 3, г). Розбіжність між теоретичним значенням КІН та результатом моделювання становить $\approx 4 \%$. Необхідно зазначити, що результати розрахунку по контурах 2-6 практично збігаються (рис. 3, б), що свідчить про достатню точність та коректність моделі.

Література

1. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений: В 2-х томах. Т. 1: Пер. с англ. / Под ред. Ю. Мураками. – М.: Мир, 1990. – 448 с.
2. Підгурський І.М. Порівняльний аналіз КІН та кінетики форми поверхневих півеліптичних тріщин в однорідному полі напружень та в зоні концентраторів / І.М. Підгурський, І.Б. Окіпний, М.Я. Сташків, І.В. Кенс // Праці V Міжнародної науково-технічної конф. «Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування». – Тернопіль: ТНТУ, 2017. – С. 110 – 113.