УДК 670.191.33

П. Ясній, докт. техн. наук, професор, І. Підгурський, аспірант
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ КІН ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ПІВЕЛІПТИЧНОЇ ТРІЩИНИ В ЗОНІ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ КОНЦЕНТРАТОРІВ НАПРУЖЕНЬ МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

P. Yasniy, I. Pidgurskyi

RESEARCH OF SIF OF SEMI-ELLIPTICAL SURFACE CRACK IN THE AREA OF STRUCTURAL STRESS CONCENTRATORS BY APPLYING FINITE ELEMENT METHOD

Однією важливих задач при оцінці живучості (залишкового ресурсу конструкцій) при наявних тріщинах є визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН), які характеризують напружено-деформівний стан (НДС) у вершині тріщини. Розрахунок КІН в реальних конструкціях є складною задачею, зважаючи на геометрію і граничні умови, особливо для тривимірних тіл.

Розглянуто задачу з визначення КІН вздовж контуру поверхневої тріщини, що розвивається біля конструктивних концентраторів напружень у вигляді підсилення півсферичної форми, а також біля отворів (рис. 1.б), що знаходяться на одній лінії з великою віссю півеліптичної тріщини (рис. 1).

а) б)

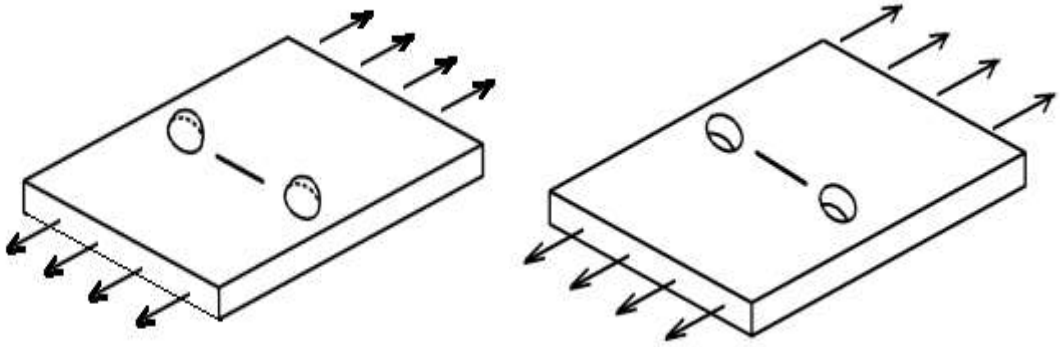


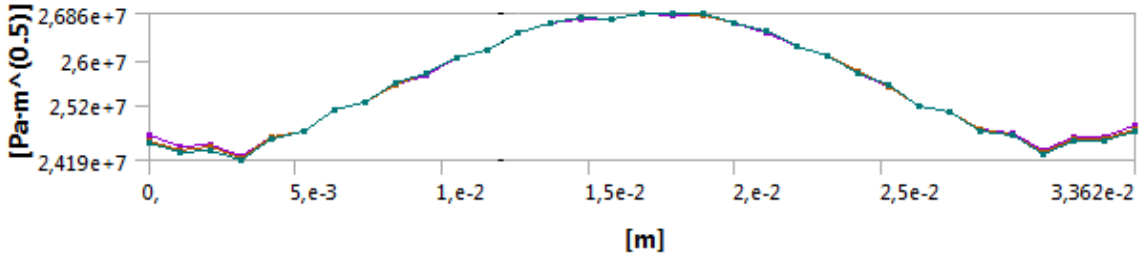
Рис. 1. Модельні зразки з поверхневою тріщиною в зоні впливу конструктивних концентраторів напруження

Розподіл коефіцієнтів напружень вздовж фронту тріщини отримано методом скінчених елементів (МСЕ) за методикою [1]. Застосували спеціалізований програмний пакет “ANSYS Workbench”.

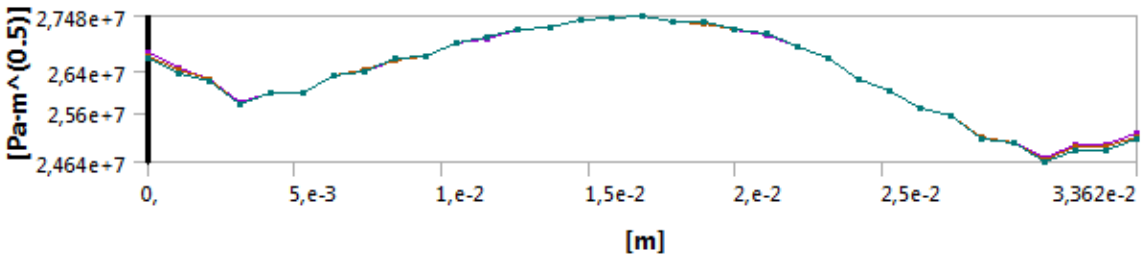
Моделювали поверхневу півеліптичну тріщину з півосями a = 8,75 мм; c = 12,5 мм у пластині скінченних розмірів під дією розтягуючих напружень σ = 200 МПа. Створено тривимірну модель зразка з глобальною сіткою елементів та модель області тріщини з локальною сіткою. Розмір елементів глобальної сітки – 2,75 мм, локальної – 0,1 мм. Моделювали зразок товщиною t = 20 мм з низьколегованої сталі 09Г2С з σ_T = 350МПа.

На рис. 2 представлено результати розрахунку КІН вздовж контуру поверхневої тріщини для двох випадків: підсилення знаходяться на одній лінії з великою віссю півеліптичної тріщини по обидва боки від тріщини (рис. 2а), підсилення знаходиться тільки з одного боку тріщини (справа) (рис. 2б). Отримані результати порівнювались зі значеннями КІН ідентичної поверхневої тріщини, що знаходиться в однорідному полі напружень (рис. 2в).

а)



б)



в)

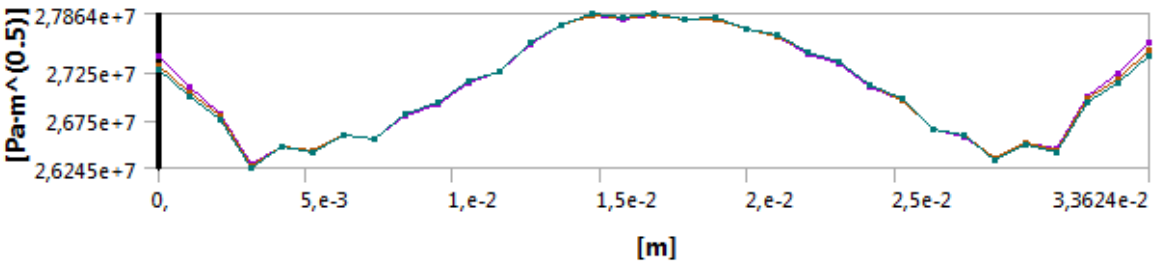


Рис.2. Розрахунок КІН вздовж фронту півеліптичної поверхневої тріщини з підсиленнями з обох боків тріщини - а); з підсиленням з правого боку тріщини – б); тріщина розташована в однорідному полі напружень – в).

Як бачимо, якісна картина розподілу КІН вздовж фронту тріщини для досліджуваних випадків суттєво не змінюється. Проте кількісні значення КІН відрізняються: для крайніх поверхневих точок тріщини значення КІН зменшуються на 9,9% (при відстані 1,5мм крайньої поверхневої точки тріщини від концентратора). Зменшується також значення КІН для найглибшої точки фронту поверхневої тріщини – на 3,6%, хоча ця точка знаходиться на значній відстані від концентратора. Очевидно, відбувається перерозподіл КІН вздовж фронту всієї тріщини.

Отримано також розподіл напруження вздовж контуру поверхневої тріщини для випадку розташування її в зоні між двома отворами (відстань від поверхневих точок до отворів складала 1,5 мм) (рис. 1б). У цьому випадку моделювався процес підростання тріщини до отвору. Аналіз результатів свідчить про суттєве збільшення значень КІН для крайніх точок тріщини в зоні отвору (до 65% для даного випадку). Для найглибшої точки тріщини значення КІН зростають на 16%. Дані результати співпадають з даними, отриманими для випадку взаємодії двох поверхневих тріщин.

Перелік посилань.

Ясній П. Дослідження КІН двох взаємодіючих поверхневих півеліптичних тріщин методом скінченних елементів [текст] / П. Ясній, І. Підгурський // Вісник ТНТУ 2014.- Т.74 - №2. – С.15-25.