

РІСТ ВТОМНИХ ТРІЩИН В АНІЗОТРОПНІЙ ПІВПЛОЩИНІ ЗА ЦИКЛІЧНОГО ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Ярослав Пастернак¹, Олег Ясній², Михайло Томашівський³

¹Луцький національний технічний університет,

²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

³Львівський національний університет імені Івана Франка
yaruslav.pasternak@gmail.com, oleh.yasniy@gmail.com, tomashmyh@gmail.com

Оцінювання граничної кількості експлуатаційних циклів для окремих елементів машин і механізмів є вкрай важливим при розрахунку довговічності конструкцій. Зважаючи на це, задача вивчення термовтомного підростання тріщин в анізотропній півплощині має важливе практичне значення, оскільки дає можливість виявити та оцінити вплив межі пластинчастого конструкційного елемента, крайових умов на ній та розташування пульсуючих (циклічних) джерел тепла на підростання втомних тріщин.

При вивченні підростання тріщин за допомогою числових підходів найефективнішими є методи, у яких необхідно дискретизувати лише межу області та поверхню тріщини, оскільки у цьому разі відпадає необхідність розбиття області на скінченні елементи на кожному новому циклі навантажування, а підростання тріщини моделюється всього лиш додаванням двох нових ділянок нової межі на обох кінцях тріщини. Зокрема, у випадку анізотропних термопружних пластинчастих конструкційних елементів видається особливо ефективним використання саме методу граничних елементів [1, 2].

У даній роботі розглядаємо задачу вивчення траєкторій поширення втомних тріщин у анізотропному півпросторі та розмаху відповідних коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН) у разі заданого певним чином циклічного навантаження повторюваними квазістатичними тепловими чинниками. На кожному циклі теплового навантажування півпростору із тріщиною КІН у її вершинах визначаємо за допомогою модифікованого методу граничних елементів [2], інтегральні рівняння якого автоматично задовольняють крайові умови на межі півпростору і не потребують її дискретизації, що дає можливість істотно зменшити загальну кількість граничних елементів. При цьому КІН визначаються із використанням

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2015», 26–28 травня 2015 р., Львів

спеціальних граничних елементів, що дає можливість досягнути високої точності навіть за досить грубого розбиття поверхні тріщини.

За знайденими значеннями КІН на основі енергетичного критерію Сі для анізотропних матеріалів [3] визначаємо напрям підростання тріщин на кожному кроці моделювання циклічного навантажування. Далі на основі формули Періса [4] обчислюємо довжину ділянки підростання тріщини у кожній із вершин. За знайденими значеннями кута розвитку та відповідної довжини здійснюється зміна геометрії задачі для нового кроку моделювання циклічного навантажування. Для цього необхідно лише у кожній із вершин додати по одному новому граничному елементі. Для забезпечення стійкості цієї схеми, крок приросту кількості циклів вибирався з огляду на те, щоб нові граничні елементи мали приблизно такий самий розмір, як вже існуючі (фізично цей розмір визначається характерним розміром зерна, волокон композиту, міжфазною відстанню тощо).

Використовуючи запропонований алгоритм, у роботі розглянуто задачі про підростання втомних тріщин в термопружній анізотропній півплощині та досліджено вплив межі півплощини, крайових умов на ній та наявних циклічних теплових чинників на ріст тріщини, зокрема й на термінальні ефекти. Отримані результати продемонстрували високу продуктивність запропонованого алгоритму.

1. *Pasternak Ia.* Boundary integral equations and the boundary element method for fracture mechanics analysis in 2D anisotropic thermoelasticity // *Engineering Analysis with Boundary Elements*. – 2012. – **36**, No. 12. – P. 1931–1941.
2. *Сулим Г.Т., Пастернак Я.М., Томашівський М.М.* Граничноелементний аналіз анізотропного термопружного півпростору з тонкими деформівними включеннями // *Вісник Тернопільського національного технічного університету*. – 2014. – №. 3 (75). – С. 29–43.
3. *Sih G.C.* Mechanics of fracture initiation and propagation: surface and volume energy density applied as failure criterion. – The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1991. – 410 p.
4. *Paris P., Erdogan F.* A critical analysis of crack propagation laws // *Journal Basic Engineering*. – 1963. – P. 528–534.

FATIGUE CRACK GROWTH IN ANISOTROPIC HALF-PLANE UNDER CYCLIC THERMAL LOADING

This paper proposes a boundary element approach for the analysis of thermal fatigue of anisotropic cracked half-plane. Combination of the boundary element method, Sih strain energy density criterion and Paris law allowed deriving the efficient approach for the analysis of thermal fatigue crack growth.