

МОДЕЛЬ ПОВОРОТУ МІЖФАЗНОЇ ТРІЩИНИ У КВАЗІКРИХКІЙ МАТЕРІАЛ БІМАТЕРІАЛЬНОГО ТІЛА У КУТОВІЙ ТОЧЦІ ЛАМАНОЇ МЕЖІ ПОДІЛУ

Ольга Богданова¹, Михайло Дудик², Анатолій Камінський¹, Юлія Решітник²

¹Інститут механіки імені С.П.Тимошенка НАН України, м. Київ, o.bogdanova@i.ua, dfm11@ukr.net,

²Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, dudik_m@hotmail.com, dikhtiareno_iu@udpu.edu.ua

В умовах плоскої деформації розглядається початковий етап повороту міжфазної тріщини у кутовій точці ламаної межі розділу двох різних однорідних ізотропних матеріалів, який полягає в утворенні маломасштабної зони передруйнування у менш тріщиностійкому матеріалі з квазікрихким характером руйнування. Зона передруйнування моделюється лінією розриву переміщення довжини l (рис. 1), на якій виконується квадратичний критерій міцності типу Мізеса – Хілла $(\sigma_\theta / \sigma_1)^2 + (\tau_{r\theta} / \tau_1)^2 = 1$ з граничними значеннями σ_1 нормального і τ_1 дотичного напружень у квазікрихкому матеріалі в якості критеріальних параметрів. Зовнішнє навантаження враховується шляхом формулювання умови на нескінченності у формі вимоги зшивання шуканого розв'язку з асимптотикою відомого розв'язку аналогічної задачі без зони передруйнування [1, 2].

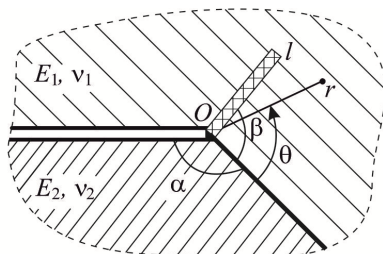


Рис. 1

За допомогою інтегрального перетворення Мелліна задачу про розрахунок параметрів зони передруйнування зведено до векторного функціонального рівняння відносно трансформант компонентів напружень і градієнтів переміщень. Для його розв'язання використано наближений метод [3], який базується на поетапному розщепленні вихідного рівняння на пару незалежних скалярних функціональних рівнянь, що розв'язуються за допомогою методу Вінера – Гопфа. Розщеплення векторного рівняння у нульовому наближенні здійснено завдяки нехтуванню недиагональними елементами його матричного коефіцієнта. Отриманий на цьому етапі розв'я-

зок використовувався у наступному наближенні шляхом заміни шуканих функцій при недиагональних компонентах матричного коефіцієнта вихідного рівняння, що також приводило до пари скалярних функціональних рівнянь з доступним подальшим розв'язанням.

Зі знайденого наближеного розв'язку функціонального рівняння задачі виведено замкнуту систему трансцендентних рівнянь і співвідношень для розрахунку довжини зони, фазового кута навантаження і величини дисипації енергії в зоні. З умови максимуму величини дисипації енергії визначався кут нахилу зони відносно межі розділу матеріалів.

Отримано вирази для швидкості вивільнення енергії в зоні та розкриття тріщини в її вершині, які забезпечують застосування енергетичного або деформаційного критеріїв оцінки граничних навантажень, що передують зрушенню тріщини у напрямку, визначеному орієнтацією зони передруйнування в момент зрушення. Здійснено числовий аналіз залежності параметрів зони передруйнування від величини навантаження, механічних характеристик з'єднаних матеріалів та кута зламу межі розділу матеріалів. Виявлено суттєвий вплив на досліджувані параметри фазового кута зовнішнього навантаження і відношення опору відриву до опору зсуву матеріалу, в якому розвивається зона передруйнування. Встановлено існування стрімкого переходу матеріалу від крихкого механізму руйнування до пластичного при зміні відношення опорів відриву і зсуву у достатньо вузькому інтервалі його значень. Підтверджено узгодженість розвинутої моделі з моделями зон передруйнування у матеріалах з пластичним [1] та крихким [2] характером руйнування для граничних випадків $\sigma_1 \gg \tau_1$ і $\sigma_1 \ll \tau_1$ відповідно.

1. *Dudyk M.V., Dikhtyarenko Yu.V.* Investigation of the influence of plasticity of materials on the strength of a composite joint // J. Math. Sci. – 2014. – **201**, №1. – P. 83-98.
2. *Dudyk M.V., Dikhtyarenko Yu.V.* Investigation of the initial stage of kinking of an interface crack at an angular point of the interface of two media // Mater. Sci. – 2012. – **47**, № 5. – P. 627-635.
3. *Kaminsky A., Dudyk M., Reshitnyk Yu., Chornoivan Yu.* An analytical method of modeling the process zone near the tip of an interface crack due to its kinking from the interface of quasi-elastic materials // Int. J. Solids Struct. – 2023. – **267**. – 112117.

MODEL OF INTERFACE CRACK KINKING INTO A QUASI-BRITTLE MATERIAL OF A BI-MATERIAL BODY AT THE CORNER POINT OF A BROKEN INTERFACE

A mathematical model of the process zone, which under plane strain conditions is formed in a material with a quasi-brittle fracture mechanism near the tip of an interfacial crack at the corner point of a broken interface, has been developed. The process zone is modeled by the displacement discontinuity line, on which the Mises–Hill strength condition is satisfied. The equation for calculating the length and orientation of the process zone, the phase angle of stresses and the amount of energy dissipation in the zone is derived.