

УДК 539.375

ЧИСЛОВИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ РОЗКРИТТЯ / ЗАКРИТТЯ КРАЙОВОЇ ТРІЩИНИ В КРУГОВОМУ ДИСКУ ПІД ЧАС КОНТАКТУ КОЧЕННЯ

Григорій Марченко, Ірина Рудавська,
Олександра Дацишин, Оксана Кравчук

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

mhp2113@gmail.com, irynasyd@gmail.com, o.p.datsyshyn@gmail.com

Пари кочення – широко розповсюджені вузли сучасних машин і механізмів. Їх ресурс вичерпується внаслідок розвитку тріщин, що призводить до аварійних ситуацій. На відміну від загальноприйнятого підходу [1], коли для спрощення розв’язання таких задач реальне тіло кочення математично моделювали півплощиною (у тривимірних задачах – півпростором), розглянута нами задача сформульована у точнішій постановці, коли тіло кочення моделюється круговим диском. Це дає змогу крім силових, температурних та інших факторів враховувати геометрію кругової форми тіл кочення, яка вносить свої корективи у числові розрахунки.

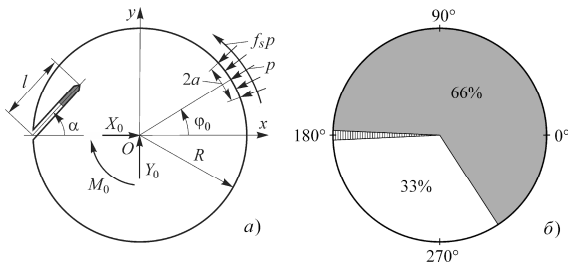


Рис. 1 Крайова тріщина в круговому диску під зовнішнім навантаженням:
a – модельна схема задачі; *b* – діаграма розкриття / закриття тріщини залежно від розташування контактного навантаження (кута φ_0)

Розглянуто пружний ізотропний диск радіуса R , послаблений крайовою довільно орієнтованою тріщиною (рис. 1*a*). На межі диска на ділянці завдовжки $2a$ діє рівномірно розподілений тиск інтенсивності p разом з силами тертя. Ці зусилля зв’язані між собою законом Кулона через коефіцієнт тертя f_s .

Контактне навантаження є зрівноваженим прикладеною у центрі диска зосередженою силою $X_0 + iY_0$ і моментом M_0 . Розташування ділянки контакту визначається кутом φ_0 , що відповідає її середині.

Контактне навантаження за кочення має циклічний характер. При цьому один цикл навантаження (кочення) відбувається, коли ділянка контакту повністю обходить контур диска, тобто коли кут φ_0 змінюється від 0° до 360° . Також при пересуванні навантаження враховується можливий контакт з тертям берегів тріщини. Задача зводиться до розв'язання системи двох сингулярних інтегральних рівнянь I роду з ядром Коші відносно невідомих похідних від розривів нормальних і дотичних переміщень на берегах тріщини.

Як приклад, розглянуто залізничне колесо діаметром $2R = 920$ мм за європейським стандартом EN 13262 для пасажирських і вантажних вагонів із колісної сталі марок 2 і Т. Довжину ділянки контакту колеса з рейкою $2a$ прийняли рівною 13 мм. У циклі кочення досліджувалась поведінка тріщини завдовжки 1 мм і 5 мм з кутом орієнтації $\alpha = 60^\circ$, що відповідає характерному куту поширення поверхневих тріщин у тілах кочення [1].

Отримані числові результати свідчать про те, що на початку циклу кочення, коли ділянка контакту знаходиться у першому квадранті координатної площини xOy , тріщина є закритою (рис. 2б). З наближенням контактного навантаження до гирла тріщини, коли ділянка контакту є у другому квадранті, тріщина починає розкриватися з гирла і дуже швидко стає повністю відкритою. Вона є відкритою до тих пір, поки ділянка контакту перебуває у третьому квадранті, а також частково заходить у четвертий. І під кінець циклу тріщина знову закривається. Важливо те, що найдовше в циклі кочення ($\approx 66\%$) тріщина повністю закрита, близько 33% часу вона відкрита і зовсім недовго (при переході від стану закриття в стан відкриття і навпаки) її береги частково контактують.

КІН K_I і K_{II} у вершині тріщини інтенсивно змінюються, коли контактне навантаження перебуває поблизу гирла тріщини, і в цей час вони досягають своєї найбільшої величини. Встановлено, що на початковій стадії розвитку тріщина схильна рости майже прямолінійно за зсувним механізмом.

1. Keer L.M., Bryant M.D. A pitting model for rolling contact fatigue // Trans. ASME: J. Lubric. Technol. – 1983. – **105**, No. 2. – P. 198–205.

NUMERICAL ANALYSIS OF THE OPENING / CLOSURE PROCESS FOR AN EDGE CRACK IN A CIRCULAR DISC UNDER ROLLING CONTACT

A contact problem for an elastic circular disc with an edge arbitrarily oriented crack under the action of moving load applied on the disc contour has been solved by taking into account the slip friction between rolling elements. The kinetics of the interaction with friction of the crack faces under rolling cycle has been studied. The solution has been illustrated on the example of a railway wheel with diameter of 920 mm in accordance with the European standard EN made of 2 and T wheel steel grades.