

УДК 539.3
DOI: 10.7868/25000640240102

КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТАХ, АРМИРОВАННЫХ ОРИЕНТИРОВАННЫМИ ВОЛОКНАМИ

© 2024 г. Академик В.И. Колесников¹, А.П. Сычев²,
В.В. Бардушкин³, А.А. Сычев¹, Ю.Ф. Мигаль²

Аннотация. Решается задача построения модели прогнозирования значений локальных упругих характеристик антифрикционных полимерных композитов, определяемых оператором концентрации напряжений (тензором четвертого ранга). Указанный тензор связывает значения локальных (внутренних) напряжений в каждом элементе неоднородности композита со значениями средних (внешних) напряжений в материале. Построенная модель опирается на обобщенное сингулярное приближение теории случайных полей, используемое при решении стохастического дифференциального уравнения равновесия упругой среды. С помощью указанного приближения возможен анализ изменения значений компонент оператора концентрации напряжений в зависимости от состава, структуры и объемного содержания наполнителей композита.

Объектом моделирования являются многокомпонентные трибокомпозиты на основе эпоксидного связующего ЭД-20, армированные волокнами бесщелочного стекла и политетрафторэтилена. Полагается, что стеклянные волокна ориентированы вдоль осей x и y прямоугольной системы координат, а волокна политетрафторэтилена – только в направлении оси x . Это соответствует армированию материала стеклотканью, в которую вплетены политетрафторэтиленовые волокна. Опираясь на разработанную модель, авторы провели численные модельные расчеты значений компонент 3333, 1313 и 2323 оператора концентрации напряжений, учитывающие изменения объемных содержаний наполнителей неоднородных материалов. Данные компоненты наиболее полно характеризуют перераспределение напряжений между элементами неоднородности композита при приложении к нему сжимающих и сдвиговых нагрузок. Приведены графики изменения значений указанных компонент оператора концентрации напряжений при увеличении объемных долей как волокон политетрафторэтилена, так и волокон бесщелочного стекла. При вычислении значений локальных упругих характеристик модельных трибокомпозитов использовался метод самосогласования.

Ключевые слова: антифрикционный полимерный композит, включение, матрица, оператор концентрации напряжений, моделирование.

STRESS CONCENTRATION IN ANTIFRICTION POLYMERIC COMPOSITES REINFORCED BY ORIENTED FIBERS

Academician RAS V.I. Kolesnikov¹, A.P. Sychev², V.V. Bardushkin³, A.A. Sychev¹, Yu.F. Migal²

Abstract. The problem of constructing a model for predicting the values of local elastic characteristics of antifriction polymeric composites determined by the stress concentration operator (fourth-rank tensor) is being solved. The specified tensor connects the values of local (internal) stresses in each element of heterogeneity of

¹ Ростовский государственный университет путей сообщения (Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского стрелкового полка народного ополчения, 2

² Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: alekc_sap@mail.ru

³ Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (National Research University of Electronic Technology, Moscow, Zelenograd, Russian Federation), Российская Федерация, 124498, г. Москва, Зеленоград, пл. Шокина, 1

the composite with the values of average (external) stresses in the material. The constructed model is based on a generalized singular approximation of random field theory, used in solving the stochastic differential equation of equilibrium of an elastic medium. Using this approximation, it is possible to analyze the change in the values of the components of the stress concentration operator depending on the composition, structure and volumetric content of the composite fillers.

The object of modelling is multicomponent tribocomposites based on epoxy binder ED-20, reinforced with fibres of E-glass and polytetrafluoroethylene. It is assumed that glass fibres are oriented along the x and y axes of the rectangular coordinate system, while polytetrafluoroethylene fibres are oriented only in the direction of the x axis. This corresponds to the reinforcement of the material with glass fabric with interwoven polytetrafluoroethylene fibres. Based on the developed model, numerical model calculations of the values of 3333, 1313 and 2323 components of the stress concentration operator were carried out, taking into account changes in the volumetric content of fillers of inhomogeneous materials. These components most fully characterize the redistribution of stresses between the heterogeneity elements of the composite when compressive and shear loads are applied to it. Graphs of changes in the values of the indicated components of the stress concentration operator with increasing volume fractions of both polytetrafluoroethylene fibres and E-glass fibres are presented. When calculating the values of local elastic characteristics of model tribocomposites, the self-consistency method was used.

Keywords: antifriction polymeric composite, inclusion, matrix, stress concentration operator, modelling.