

УДК 539.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТОВЩИН ТА МАТЕРІАЛІВ ШАРІВ МЕТАЛОКОМПОЗИТНИХ ЦИЛІНДРІВ НА МІЦНІСТЬ ПРИ ВНУТРІШНЬОМУ ВИБУХОВОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Володимир Ромащенко, Світлана Тарасовська

Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України

roma@ipp.kiev.ua, tsa@ipp.kiev.ua

В роботі проведено чисельне дослідження одновимірного динамічного напружено-деформованого стану і міцності намотувальних металокомпозитних циліндрів, визначення оптимальних товщини металевих шарів і фізико-механічних характеристик композитів, які забезпечують найбільшу несучу здатність циліндрів при внутрішньому вибуховому навантаженні в повітряному середовищі. Моделювання вибухового навантаження проводиться за методикою CONWER [1, 2], оцінка міцності – за узагальненим критерієм міцності Мізеса.

Для отримання найбільш якісних і наочних результатів динамічна задача розглядається в 1D-постановці плоского деформованого стану на торцях циліндра. При цьому імпульс тиску відповідає вибуху сферичного заряду вибухової речовини певної маси M в повітряному середовищі на відстані, яка дорівнює внутрішньому радіусу циліндра. Внутрішній шар – ізотропна пружнопластична сталь, зовнішній – циліндрично транслопний пружний композит з коловим армуванням, контакт між шарами ідеальний. Задача вирішується чисельно методом скінченних різниць. Повна система диференціальних рівнянь разом з початковими, граничними і контактними умовами наведена в [3]. Міцність двошарового циліндра оцінюється за узагальненим критерієм міцності Мізеса. Сформульована динамічна крайова 1D-задача розв'язується чисельно за допомогою модифікованого пакета прикладних програм, який розроблено раніше [4].

Для трьох видів металокомпозитних циліндрів (тонкий, середньої товщини та товстий) та чотирьох різних матеріалів композитних шарів було проведено систематичний чисельний аналіз з визначення оптимальної відносної товщини металу і оптимального за міцністю композитного матеріалу зовнішнього шару. Було проведено дослідження впливу пластичного деформування внутрішнього сталевих шару на міцність зовнішнього композитного.

Отримані нові чисельні результати про вплив на напружено-деформований стан і міцність загальної товщини оболонки, співвідношення товщин ме-

талевого і композитного шарів. Показано, що пластичне деформування внутрішнього сталевго шару може суттєво покращувати міцність металокомпозитних циліндрів і що вона залежить в першу чергу від межі міцності композита на розтяг в радіальному (товщинному) напрямку. Доведено, що міцність металокомпозитних циліндрів, особливо товстостінних, дуже чутлива до хвилових ефектів. Мають місце випадки, коли за деякого співвідношення шарів β відносну масу заряду ζ (а отже і абсолютну масу заряду M) можна збільшити більше, ніж вдвічі, не порушуючи при цьому вимог міцності; в той же час при відхиленні β всього на 1,5% від розглянутого, за даної ζ , циліндр буде руйнуватись.

1. *Randers-Pehrson G., Bannister K.A.* Airblast Loading Model for Dyna-2D & Dyna-3D. – Army Research Laboratory, 1997. – 97 p.
2. *Hyde D.W.* User's guide for microcomputer program CONWEP, application of TM 5-855-1, «Fundamentals of protective design for conventional weapons». – U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1988. – 36 p.
3. *Лепіхін П.П., Ромащенко В.А., Бейнер О.С., Тарасовська С.О.* Вплив товщини сталевго шару на напружено-деформований стан і міцність металокомпозитних циліндрів при внутрішньому вибуху // Проблеми міцності. – 2022. – № 3. – С. 18–32.
4. *Лепіхін П.П., Ромащенко В.А., Бейнер О.С. и др.* Программа численного расчета динамического напряженно-деформированного состояния и прочности полых многослойных анизотропных цилиндров и сфер. Сообщ. 1. Описание программы // Проблемы прочности. – 2015. – № 2. – С. 38–47.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE THICKNESSES AND MATERIALS OF THE LAYERS ON THE STRENGTH OF METAL-COMPOSITE CYLINDERS UNDER AN INTERNAL EXPLOSIVE LOAD

The effect of the metallic layer thickness and materials of the layers on the stress-strain state and strength of metal-composite cylinders of total constant thickness under internal dynamic pressure produced by the explosion of a charge uniformly distributed along its axis in air at the constant total-to-running charge mass ratio ζ was numerically investigated. The strength of the cylinders was evaluated by the generalized Mises criterion. It is numerically and analytically proved that the strength of circularly reinforced cylinders from the composites of low tensile strength in the isotropy plane is primarily governed by the wave processes across the shell width and, as a consequence, by radial and axial tensile stresses, viz the larger they are, the lower the strength. Circumferential tensile stresses, on the contrary, improve the strength in most cases, i.e., only strengthen the structural element and increase the safety margin. It is shown that the plastic deformation of the inner steel layer can significantly improve the strength of the metal-composite cylinder and that it depends primarily on the limit of the tensile strength of the composite in the radial direction. The strength of metal-composite cylinders is proved to be very sensitive to the wave phenomena along the radial coordinate. Sometimes at a certain ratio of layers β (about 0.7), the charge mass ratio ζ (and hence the absolute charge mass M) can be increased more than twice without deterioration of the strength requirements, while the β deviation by only 1.5% from that at given ζ would lead to the cylinder fracture.