

**УДК 629.7.023:621.454.3**

**Костянтин Буйських, к.т.н., с.н.с; Леонід Кравчук, д.т.н., проф.**

Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, Україна

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОГО ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ**

Анотація. Реалізована методика дослідження впливу попереднього експлуатаційного навантаження елементів конструкцій оболонкового типу на характеристики міцності полімерного композиційного матеріалу, яка полягала в короткочасному розтягуванні кільцевих зразків до руйнування. Встановлено, що із розглянутих видів попереднього експлуатаційного навантаження найбільший вплив на зменшення залишкових характеристик міцності полімерного композиційного матеріалу має нагрівання кільцевих зразків до 300 °С з витримкою 30 хвилин.

Ключові слова: попереднє експлуатаційне навантаження, характеристики міцності, полімерний композиційний матеріал.

**Kostiantyn Buiskykh, Ph.D.; Leonid Kravchuk, Ph.D., Prof.**

### **STUDY OF THE INFLUENCE OF PRELIMINARY OPERATIONAL LOADING OF ELEMENTS OF STRUCTURES ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE COMPOSITE MATERIAL**

Abstract. The method of researching the impact of the preliminary operational load of elements of shell-type structures on the strength characteristics of the polymer composite material was implemented, which consisted in the short-term stretching of ring samples until failure. It was established that, of the considered types of preliminary operational load, heating of ring samples up to 300 °C with a holding time of 30 minutes has the greatest effect on reducing the residual strength characteristics of the polymer composite material.

Keywords: Preliminary operating load, strength characteristics, polymer composite material.

Бурхливий розвиток із створення і впровадження композиційних матеріалів різноманітних класів стимулював розробників техніки до того, що за останні 50 років відсоток застосування цих матеріалів в аерокосмічній галузі збільшився з 2...3 до 50...55. Ефективність робіт, пов'язаних зі створенням аерокосмічної техніки визначається на даному етапі рівнем дослідницьких робіт, ефективністю забезпечення практичної можливості моделювання експлуатаційних режимів з екстремальними термосиловими параметрами із забезпеченням надійної інформації про працездатність конструкції в складних умовах термомеханічного навантаження. Тому метою даної роботи являється дослідження впливу попереднього експлуатаційного навантаження елементів конструкцій відповідального обладнання на залишкові характеристики міцності полімерного композиційного матеріалу.

Для дослідження впливу на характеристики міцності полімерного композиційного матеріалу попереднього експлуатаційного навантаження циліндричних моделей [1, 2] реалізована методика випробувань кільцевих зразків згідно з патентом України [3]. Реалізована в роботі методика полягає в короткочасному розтягуванні до руйнування кільцевих зразків із односпрямованого композиційного полімерного матеріалу армованого вуглецевими і іншими високомодульними волокнами. Кільцеві зразки шириною 10 мм виготовлялися способом нарізання із циліндричної тонкостінної оболонки. На рис. 1 показана схема навантаження циліндричної оболонки (а) та кільцевих зразків (б, в).

Для всебічного аналізу характеру руйнування кільцевих зразків в процесі випробувань на розтяг додатково було досліджено напружено-деформований стан цього конструктивного елемента.

Для дослідження впливу на характеристики міцності полімерного композиційного матеріалу попереднього експлуатаційного навантаження елементу конструкції було розв'язано 4 задачі. Проаналізовано, як у порівнянні з вихідним станом вплинуло на характеристики міцності полімерного композиту:

- 1) попереднє короткочасне навантаження циліндричної оболонки зусиллями стиску з наступним руйнуванням при розтягу;
- 2) попереднє короткочасне (1-2 хв) нагрівання циліндричної оболонки до 300 °С з одночасним механічним навантаженням;
- 3) попереднє нагрівання кільцевих зразків до значень температур 200 і 300 °С з витримкою 30 хв за кожної температури;
- 4) попереднє циклічне навантаження кільцевих зразків 100 циклів з зусиллям 20 і 40 КН для кожної партії зразків, що становило приблизно 30 і 60 % від межі міцності цього матеріалу.

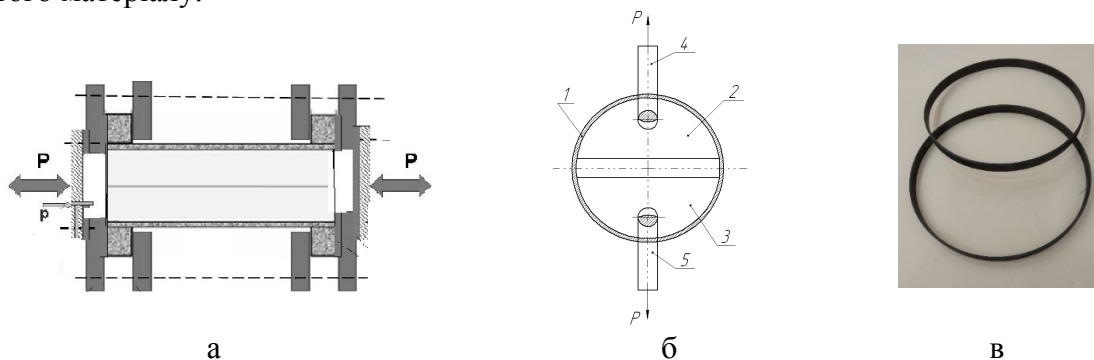


Рис. 1. Схема навантаження циліндричної оболонки (а) та кільцевих зразків (б, в): 1 – зразок-кільце; 2 – верхній напівдиск; 3 – нижній напівдиск; 4 – верхній пристрій для розтягування; 5 – нижній пристрій для розтягування; Р – напрямок прикладеного навантаження

Для отримання характеристик міцності композиційного матеріалу у вихідному стані випробували кільцеві зразки на розтяг за нормальної температури. Середнє значення напруження руйнування цього матеріалу за нормальної температури складає 2512 МПа.

Аналіз результатів дослідження впливу різного виду попереднього навантаження на залишкові механічні характеристики композиційного матеріалу дозволяє стверджувати наступне. У випадку попереднього навантаження за типом № 1 середні значення напруження руйнування співпадають і різниця з вихідним станом складає менше 1%.

Аналіз результатів випробування зразків за попереднім навантаженням за типом № 2 свідчить, що середнє значення напруження руйнування складало 2187 МПа, що порівняно з границею міцності для матеріалу у вихідному стані менше на 14 %.

Узагальнення результатів дослідження впливу попереднього нагрівання кільцевих зразків за типом № 3 свідчить, що попереднє нагрівання до 200 °С знижує границю міцності на розтяг цього композиту на 14% порівняно з вихідними даними, а нагрівання до 300 °С знижує границю міцності на 21%.

Але якщо усереднити дані на кожному з рівнів навантаження в циклі то відхилення від вихідних даних складає на більше 2%. Тобто можна стверджувати, що задане

Попереднє циклічне навантаження практично не впливає на залишкову границю міцності при розтягу, про що свідчить зменшення границі міцності від вихідних даних не більше ніж на 2%.

Таким чином можна стверджувати, що із розглянутих видів попереднього експлуатаційного навантаження найбільший вплив на залишкові характеристики міцності полімерного композиційного матеріалу має нагрівання кільцевих зразків до 300 °С з витримкою 30 хвилин, що зменшує границю міцності на 21%.

На рис. 2 показано діаграми деформування полімерного композиційного матеріалу у вихідному стані і за нагрівання до 300 °С.

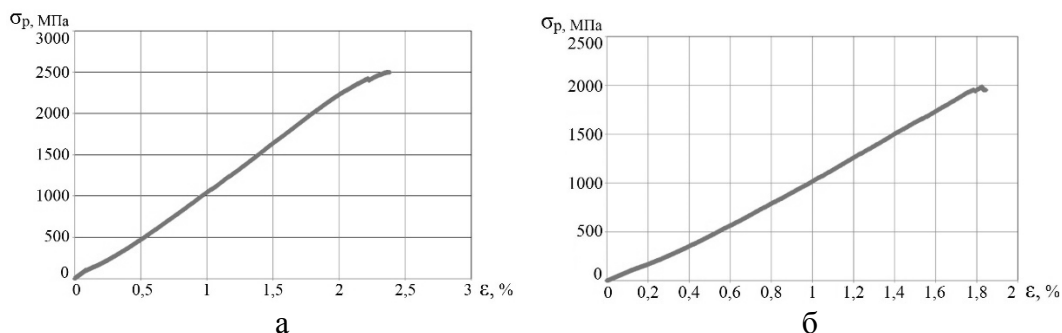


Рис. 2. Діаграми деформування полімерного композиційного матеріалу у вихідному стані (а) і за нагрівання до 300 °С (б)

### Перелік посилань

1. І.І. Деревянко, О.А. Самусенко, О.В. Дроздов та ін. «Експериментальна інформаційна технологія дослідження конструкцій із вуглепластику на герметичність та міцність внутрішнім тиском», Пробл. міцності, № 3, 49-58 (2022).
2. Л.В. Кравчук, К.П. Буйських, І.І. Деревянко, О.М. Потапов «Дослідження несучої здатності елементів оболонкових конструкцій ракетної техніки із композиційних матеріалів», Пробл. міцності, № 4, 65-73 (2022).
3. Патент України на корисну модель № 139583: Спосіб випробування кільцеподібних елементів конструкцій з композиційних матеріалів на міцність при розтягуванні при високих температурах. Автори: Дзюба В.С., Кравчук Л.В., Буйських К.П., Токарський В.А., Мудрик С.П. Зареєстровано в Державному реєстрі України корисних моделей 10.01.2020 UA 139583 U.