

Роменська Ольга¹, Деревянко Ігор²

¹начальник групи, доктор філософії, державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля», м. Дніпро, Україна,

e-mail: RomenskaOP@science.yuzhnoye.com

² провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук, Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля», м. Дніпро,

Україна, e-mail: DereviankoII@science.yuzhnoye.com

МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ ГРАДІЄНТНО-НАВАНТАЖЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА МАТЕРІАЛІВ

В цій роботі наведено методологію дослідження шаруватих конструкцій із неметалевих матеріалів в умовах одностороннього механічного та температурного навантаження, що максимально наближені до реальних умов експлуатації виробу. Представлено опис необхідного для проведення експерименту обладнання. Докладно вказаний процес експериментального випробування при односторонньому нагріванні конструктивно-подібних градієнтно-навантажених зразків конструкцій.

Ключові слова: випробування, міцність, нагрів, шаруваті конструкції, неметалеві матеріали.

Великий вплив на характеристики міцності конструкції вносять швидкість механічного та температурного навантаження [1]. В залежності від вказаних обставин характеристики матеріалів проявляються по-різному. Тим паче, все більш широкого застосування отримують конструкції градієнтного типу, що складаються з різних за структурою та властивостями неметалевих матеріалів, чим забезпечують стійкість і працездатність продукту сучасного виробництва в широкому діапазоні температур від плюс 40 до плюс 1700 °С, працюючого під навантаженням. З метою оцінки характеристик таких конструкцій проводяться їх дослідження, але класичні методики дослідження, що запропоновані ДСТУ, ГОСТ, ASTM не дозволяють в повній мірі оцінити властивості новітніх матеріалів [2], в деяких випадках при цьому руйнування внутрішніх шарів за рахунок вигорання відбувається раніше дії навантаження через неадаптованість обладнання та класичних методологій випробування. Тому актуальним питанням сьогодення є розробка нових методик, в тому числі таких, що дозволяють



оцінити властивості матеріалу та конструкцій в будь-якому шарі, на будь-якій глибині (товщині) за умов градієнтного прогріву та дії тиску.

Запропонована методика полягає в односторонньому нагріванні та навантаженні матеріалу шляхом стискання між рухомих штоком (ненагрітим) і нерухомим нагрітим до температури випробування плоским нагрівачем.

Для відпрацювання ходу подій дослідження використовується універсальна випробувальна машина Tira Test-2300, яка включає силову раму із вбудованим електромеханічним приводом, вакуумну термокамеру, систему контролю вакуумного і інертного середовища, штатну систему автоматичного нагрівання та контролю температури досліджуваної конструкції. На рисунку 1 представлена термокамера з елементами нагрівання та навантаження дослідного матеріалу.



Рисунок 1 –Термокамера з елементами нагрівання та навантаження матеріалу:
 1 – верхній нерухомий шток; 2 – нижній рухомий шток; 3– графітовий нагрівач; 4 – зразок конструкції, що досліджується; 5 – вогнетривка заслінка;
 6, 7 - термопари

Процес випробування при односторонньому нагріванні включає наступні стадії:

1. Розігрівання нагрівача до заданої температури, при цьому досліджуваний матеріал закривається вогнетривкою заслінкою. Тривалість виходу на режим залежить



від потужності термокамери й теплофізичних властивостей матеріалу (в ході відпрацювання методики випробування експериментально встановлено час нагрівання зразку температури 1350°C становить 10 хвилин).

2. Підведення нижнього рухомого штока з наконечником і зразком досліджуваного матеріалу до нагрітого верхнього нерухомого штоку (зазор 1-2 мм) зі швидкістю 500 мм/хв (рекомендована швидкість холостого ходу випробувальної машини). Установлення зовнішнього екстензометра для вимірювання переміщення штока (розміщується внизу під термокамерою). За цей час нижня поверхня зразку і поверхня наконечника нижнього рухомого штока розігріваються до 100-200 °С, при температурі нерухомого нагрітого плаского нагрівача 900-1350 °С.

3. Механічне навантаження зразка досліджуваного матеріалу до зусилля 7-8 кН зі швидкістю 10 мм/хв, потім розвантаження, реєстрація зміни зусилля і переміщення в реальному режимі часу (зусилля обирається із очікуваного руйнівного зусилля і становить ~ 1% від нього). За цей час температура нижньої поверхні зразку піднімається на 150-250 °С. При розвантаженні температура практично не змінюється.

4. Вимикання нагрівання, відведення зразку досліджуваного матеріалу від нагрівача, падіння температур на обох штоках. Таким чином, тривалість процесу випробування від моменту видалення захисної заслінки до моменту досягнення максимального навантаження і вимикання нагрівання складає близько 8-10 хвилин.

Запропонована методика апробувалася при випробуванні теплозахисних покриттів градієнтного типу на стиск при односторонньому зовнішньому нагріві. Зразки теплозахисного покриття, що досліджували, представляли собою пакет, який складався із чотирьох різних за структурою та властивостями матеріалів, аналогічних приведеним у [3-4].

Створена новочасна методика оцінки властивостей матеріалу в будь-якому шарі, на будь-якій глибині (товщині) при односторонньому нагріванні дозволяє під час випробувань на конструктивно-подібних градієнтно-навантажених зразках реалізувати експлуатаційні навантаження та отримати характеристики шаруватих конструкцій із неметалевих матеріалів.

Також методика дозволяє визначити характеристики міцності під впливом температури та рівномірного стискання, що являється актуальною розробкою для вивчення й аналізу високоміцних та високоякісних шаруватих продуктів сучасного виробництва.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dimitrienko, J.I. (1997). *Mehanika kompozicionnyh materialov pri vysokih temperaturah. Mechanics of composite materials at high temperatures.* Mashinostroenie, Kyiv, Ukraine.
2. Холявко В.В., Владимирський І.А., Жабинська О.О. (2016). Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів. Видавництво «Центр учбової літератури», Київ.
3. Симбіркіна, А., Потапов, О., Погребна, Е., Татарінова, Н., Гусарова, І., Деревянко, І., Роменська, О. (2020). Експериментальне підтвердження можливості використання тонкошарового теплозахисного покриття НТЗП-У в складі теплозахисного пакету матеріалів для вузлів ракетно-космічної техніки. У Збірнику тез доповідей 10 міжнародної конференції лакофарбових матеріалів (с. 88-91).
4. Деревянко, І., Шевцов, Є., Потапов, О., Манько, Т., Гусарова, І., Суєтова, Н. (2019). Теплозахисна плиткова конструкція для багаторазового космічного апарата (Патент України № 136926 UA).

