

УДК 620/677.4

DOI: [10.62717/2221-4550-2025-1-108](https://doi.org/10.62717/2221-4550-2025-1-108)

Роменська О.П.

Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» імені М.К. Янгеля»

ORCID [0000-0003-1781-760X](https://orcid.org/0000-0003-1781-760X)

E-mail: RomenskaOP@science.yuzhnoye.com

Дерев'яно І.І.

Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» імені М.К. Янгеля»

ORCID [0000-0001-8642-2826](https://orcid.org/0000-0001-8642-2826)

E-mail: Dereviankoll@science.yuzhnoye.com

Галаган П.О.

Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» імені М.К. Янгеля»

E-mail: galaganpo@gmail.com

ВПЛИВ ТИПУ НАПОВНЮВАЧА НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕПЛОЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Анотація. Проведено визначення деформації при розтязі трьох видів зразків теплозахисного покриття. Відмінною рисою дослідних зразків є тип наповнювача. Розглянуто в якості типу наповнювача керамічну нитку, джгут, на основі керамічної нитки та тканину, полотняного плетіння із керамічної нитки.

Ключові слова: теплозахисне покриття, зразки, випробування, відносна деформація при розтязі.

O. Romenska

Yuzhnoye State Design Office

ORCID [0000-0003-1781-760X](https://orcid.org/0000-0003-1781-760X)

E-mail: RomenskaOP@science.yuzhnoye.com

I. Derevianko

Yuzhnoye State Design Office

ORCID [0000-0001-8642-2826](https://orcid.org/0000-0001-8642-2826)

E-mail: Dereviankoll@science.yuzhnoye.com

P. Galagan

Yuzhnoye State Design Office

E-mail: galaganpo@gmail.com

INFLUENCE OF FILLER TYPE ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THERMAL PROTECTIVE COATING OF SPACECRAFT

Abstract. The tensile deformation of three types of heat-shielding coating samples was determined. A distinctive feature of the test samples is the type of filler. I will consider the following types of filler ceramic thread, ceramic thread-based tow, and plain weave fabric made of ceramic thread.

Keywords: heat-shielding coating, samples, tests, relative tensile strain.

Теплозахисні покриття використовуються для термального захисту космічних апаратів (під час входу в атмосферу, від спеки і холоду в космосі на орбіті та інших

потреб) [1]. Складаються із різних матеріалів в залежності від кількості необхідного теплового захисту.

В роботі розглядається теплозахисне покриття, що представляє собою композит на основі керамічного волокна, що має конструктивну міцність достатню для роботи в умовах повернення космічного апарату з максимальною зовнішньою температурою матеріалу до 1350 °С (Рисунок 1). Керамічне волокно може використовуватися у вигляді нитки (діаметром 2 мм), джгута (діаметром 4 мм) або тканини (товщиною 2 мм, полотняного плетіння).

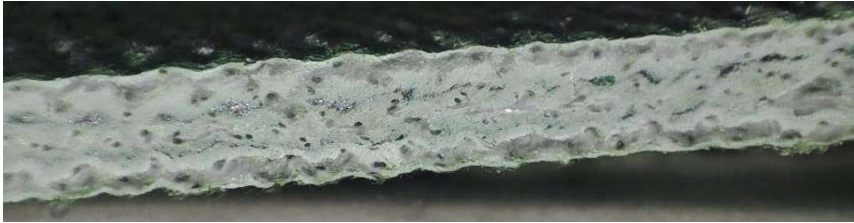


Рисунок 1 — Зразок досліджуваного теплозахисного покриття

З метою оцінки впливу типу наповнювача на фізико-механічні властивості виготовляли розміром 210×15 мм дослідні зразки теплозахисного покриття і визначали по датчику силовимірювача випробувальної машини МРМ-10С їх відносну деформацію при розтязі, керуючись нормативною документацією [1]. Розглядали зразки однакової товщини ($7\pm 0,5$ мм) з використанням різних типів наповнювача, а саме нитки керамічної; джгута, виготовленого із цієї ж нитки; тканини, тканой із цієї ж нитки. В якості матриці для усіх зразків застосовували теплостійке сполучне [3].

Результати дослідження у вигляді графіків представлені на рисунку 2.

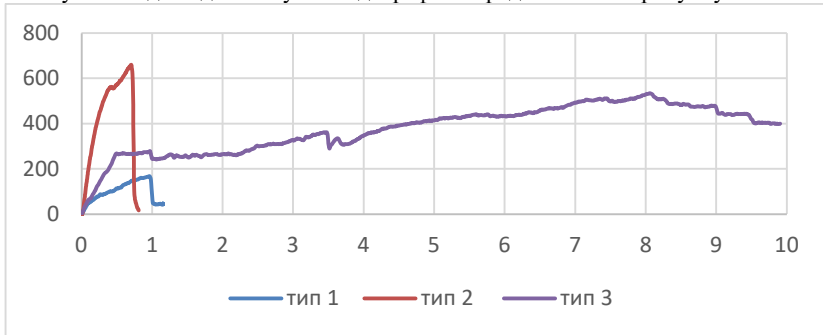


Рисунок 2 — Графіки залежностей відносної деформації при розтязі (%) від навантаження (H)

Аналізуючи графіки встановлено наступне незалежно від типу наповнювача зона умовно пружної деформації сягає $\sim 0,7$ %. Ця зона характеризується роботою на розтяг матриці. Для перших двох типів зразків по завершенню зони умовно пружної деформації йде крихке руйнування на межі «нитка-нитка» по всьому перерізу матеріалу, тобто його повне руйнування. В свою чергу для третього типу пружна деформація матриці починає працювати спільно з втратою стійкості непросоченої частити тканини та непружної мікродеформації до рівня серії мікротріщин матриці, при цьому цільність,

міцність та працездатність теплозахисного покриття в цілому не порушується. Цей стан триває щонайменше до 3-4,5 % в залежності від стану матриці. Потім супротив розриву переходить від матриці безпосередньо до тканини, формується подовження вже в локальному найслабшому місці зразку, при цьому, руйнування тканини (спад значення супротиву навантаженню) і, відповідно, утворення тріщини по всьому перерізу зразку відбувається поза 7 % відносного видовження.

Таким чином визначено, що тип наповнювача впливає на деформативність теплозахисного покриття. Обираючи певний тип наповнювача при незмінних вихідних матеріалах можна керувати властивостями матеріалу, тим самим застосувати його для термального захисту різноманітних ділянок космічних апаратів.

Список використаних джерел

1. https://web.archive.org/web/20160307090308/http://science.ksc.nasa.gov/shuttle/nexgen/Nexgen_Downloads/Shuttle_Gordon_TPS-PUBLIC_Appendix.pdf
2. ОСТ 92-1459-77 «Пластмаси теплозахисного та конструкційного призначення. Методи випробування на розтяг» (тип зразку VII).
3. Технічні умови ТУ У 24.6-31522416-001-2004. Композиційні матеріали неорганічні.