

ВИВЧЕННЯ СТАЦІОНАРНОЇ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ТА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КЕРАМІЧНИХ ОБТІЧНИКІВ

Бреславський Д.В., Сенько А.В., Лісачук Г.В., Кривобок Р.В., Пітак Я.М.,

Волощук В.В., Захаров А.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

м. Харків, Україна

valenty93vol@gmail.com

В конструкціях сучасної авіаційної та ракетно-космічної промисловості актуальною задачею є створення радіопрозорих керамічних матеріалів з комплексом високих експлуатаційних характеристик деталей складної конфігурації з різними розмірами, які знаходяться під дією зовнішнього силового навантаження. Авіаційна промисловість висуває жорсткі вимоги до керамічних матеріалів, для яких допуски з точки зору фізико-механічних та конструкційних властивостей є дуже обмежені. Складність процесу деформування елементів конструкцій приводить до необхідності застосування чисельних методів та розрахунків.

В процесі проектування літальних конструкцій на основі керамічних матеріалів проводиться попередній розрахунок деформаційних, міцнісних та інших характеристик конструкцій. Аналіз цих розрахунків надалі уможливорює коригування конструктивних особливостей шляхом зміни механічних властивостей кераміки та параметрів конструкції (розміру, форми тощо).

Аналіз напружено-деформованого стану виконується для оцінювання міцності оболонки. Оскільки вона працює в неоднорідному тепловому полі, для розв'язання задачі термопружності оболонки спочатку є необхідним аналіз задачі теплопровідності. В першому наближенні її розв'язано як задачу стаціонарної теплопровідності, тобто вважалось, що завдяки завершенню процесу нагрівання температурне поле є постійним та незмінним у часі з максимальними значеннями температур.

До чисельного моделювання залучено наступні константи розробленого матеріалу: питома теплоємність $0,703 \text{ КДж/(Кг}\cdot\text{К)}$, коефіцієнт теплопровідності $2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Результати розрахунку задачі стаціонарної теплопровідності наведено на рис. 1. Видно, що максимальний температурний перепад за товщиною має місце в районі з мінімальним радіусом.

Отриманий температурний розподіл використано для розв'язання задачі термопружності. В розрахунках використано наступні фізичні властивості: модуль пружності $7\cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$, коефіцієнт Пуасона $0,2$ (середні значення для кераміки), коефіцієнт лінійного (теплого) розширення $2,7\cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$ (цельзіан).

Окрім неоднорідного температурного розподілу, на оболонку діє зовнішній тиск. В розрахунках прийнято його рівномірний розподіл з максимальним значенням $0,86 \text{ МПа}$. Результати розрахунків представлено на рис. 2 (сумарні переміщення) та рис. 3 (еквівалентні напруження). Як видно з рис. 2, в розглянутій моделі максимальні переміщення не перевершують $0,25 \text{ мм}$, що є прийнятним. Максимальні напруження на поверхні оболонки (рис. 3) не перевищують $69,3 \text{ МПа}$, що є меншим, ніж значення границі міцності 170 МПа .



Рисунок 1. Розподіл температури за об'ємом оболонки, градуси К

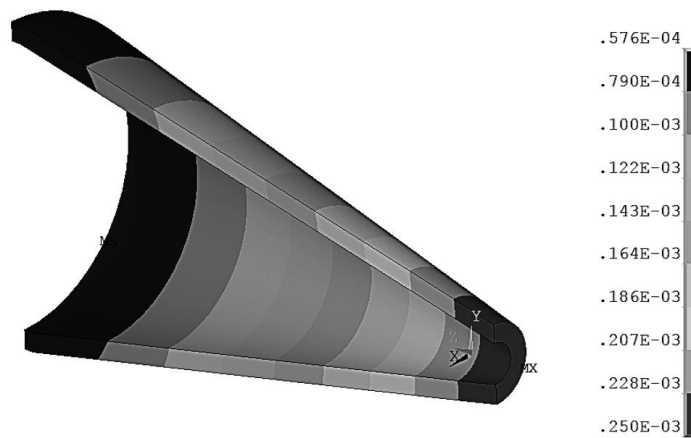


Рисунок 2. Розподіл сумарних значень переміщень за оболонкою, м

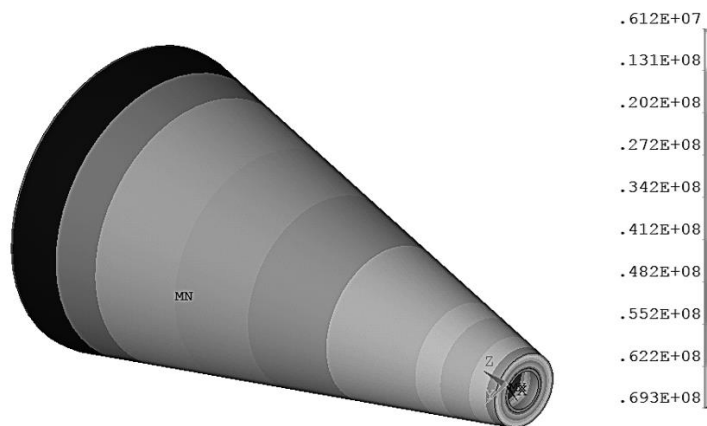


Рисунок 3. Розподіл еквівалентних напружень (інтенсивність напружень) за поверхнею оболонки, Па

З отриманих даних можливо зробити висновок, що миттєвого руйнування оболонки не відбудеться, а запас міцності при врахуванні даних навантажень на поверхні обтічника є більшим в 2 рази. Подальші дослідження будуть направлені на уточнення значень фізико-механічних параметрів для температурного діапазону, що розглядається, та проведення додаткового моделювання.