

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В МЕХАНІЦІ ДЕФОРМІВНИХ ТВЕРДИХ ТІЛ

УДК 539.3

ЧИСЛОВО-АНАЛІТИЧНА МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ВІДНОСНО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ РЕЖИМІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО НАГРІВУ СКЛАДЕНИХ ОСЕСИМЕТРИЧНИХ КУСКОВО-ОДНОРІДНИХ СКЛЯНИХ ОБОЛОНОК

Микола Гачкевич, Анна Козярьська, Роман Кушнір

*Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України,
Політехніка Опольська (Польща)*

dept13@iapmm.lviv.ua, kushnir@iapmm.lviv.ua

У багатьох виробничих процесах широко використовується технологічний нагрів, зокрема, при виготовленні обладнання вакуумної техніки. Основними елементами такої техніки, як правило, є скляні вироби оболонкового типу. В [1] наведено формулювання задач оптимізації в процесах термовакуумної обробки, зокрема, знегажування електровакуумних приладів (ЕВП), їх корпусів за допомогою різних способів нагріву. Як правило, такі корпуси є кусково-однорідними (складені з різних типів оболонок). Внаслідок цього, конструктивні та інші неоднорідності, особливо в умовах градієнтного розподілу температури, приводять до виникнення значних рівнів напружень, які можуть перевищувати допустимі і спричинювати руйнування оболонок [1]. У зв'язку з низьким рівнем допустимих напружень для скла (крихкого матеріалу) необхідно розвивати підходи до оптимізації, зокрема при термовакуумній обробці, кусково-однорідних оболонок обертання і розробка методики побудови оптимальних за напруженнями режимів нагріву, широко використовуваних в інженерній практиці (як складових елементів багатьох пристроїв), таких оболонок. У процесі виготовлення, обробки та експлуатації вони зазнають впливу нестационарних температурних полів унаслідок технологічного або супутнього нагріву, а також силового навантаження. Рівні напружень і деформацій, що виникають при цьому, суттєво залежать як від характеру розподілу температури чи силового навантаження, так і від неоднорідності властивостей матеріалу. Вони можуть перевищувати допустимі, приводячи при цьому до появи тріщин і руйнування оболонок. Тому актуальною є проблема оптимізації за напруженим станом режимів нагріву таких оболонок з врахуванням їх неоднорідності при заданих областях допустимої зміни температури і температурних напружень, які відображають специфіку та можливості

конкретного способу технологічного або експлуатаційного нагріву, а також враховують властивості міцності матеріалу. Вирішення різних аспектів цієї проблематики є важливим при побудові оптимальних теплових режимів багатьох видів цільової термообробки кусково-однорідних оболонкових елементів (як зі скла, так і інших крихких матеріалів) – складових елементів значної кількості сучасних пристроїв конкретного цільового призначення, зокрема, вакуумного та енергетичного обладнання.

Окремі питання, що виникають при розгляді задач оптимізації для кусково-однорідних оболонок, розглянуто в роботі [1]. Ці питання вимагають певного узагальнення та систематизації і розгляду з єдиних позицій. Спроба такого розгляду зроблена далі на прикладі осесиметричних за напруженим станом режимів технологічного нагріву кусково-однорідних складених скляних оболонок обертання.

Сформульовано математичну постановку та запропоновано методику розв'язування задачі оптимізації (при врахуванні неоднорідності розглянутих тонких скляних кусково-однорідних оболонок обертання) при заданих областях допустимої зміни температури та температурних напружень, що відображають специфіку та можливості конкретного способу нагріву, а також властивості міцності матеріалу. Задача розв'язується в квазістатичній постановці і в припущенні про розподіл температури по товщинній координаті поліномом третього степеня, а також при залежності від температури коефіцієнтів теплового розширення. За критерій оптимальності прийнято мінімум функціоналу максимальних нормальних напружень, а функцією управління є температура зовнішнього середовища. Задача розв'язується числовим методом локальних варіацій (послідовних наближень) [1], який базується на варіаціях у просторі станів функції управління при відомому розв'язку прямої задачі, що описує термонапружений стан. При цьому обчислюється значення критерію оптимальності та вибираються величини, які відповідають його мінімуму.

Запропоновано алгоритм побудови початкового наближення функції управління, у якому вихідним є оптимальний режим нагріву для однорідної сферичної оболонки при мінімумі функціоналу енергії пружної деформації та виконання обраних обмежень на температуру та напружений стан.

Як приклад, побудований оптимальний режим нагріву за умови конвективного теплообміну на внутрішній поверхні $\gamma = -h$ кусково-однорідної циліндричної оболонки, спряженої з напівсферичною при заданих областях допустимої зміни значень температури і напружень.

4. *Гачкевич О.Р., Гачкевич М.Г., Будз С.Ф.* Оптимізація за напруженим станом режимів нагріву скляних кусково-однорідних оболонок. – Львів: Ін-т прикл. проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, 2014. – 334 с.

A NUMERICAL-ANALYTICAL TECHNIQUE FOR THE OPTIMIZATION (REGARDING THE STRESS STATE) OF THE TECHNOLOGICAL HEATING REGIMES FOR COMPOSITE AXISYMMETRIC PIECEWISELY HOMOGENEOUS GLASS SHELLS

This talk is devoted to the development of a stress state optimization methodology for technological heating modes for composite piecewise-homogeneous glass shells within given range of allowable temperature change and thermal stresses, taking into account the thermal sensitivity of the coefficient of linear thermal expansion of the material.