

УДК 539.3

ДО МОДЕЛЮВАННЯ СПОСОБІВ НАГРІВУ-ОХОЛОДЖЕННЯ В ТЕРМОМЕХАНІЦІ СТАЛЕВИХ ТІЛ ЗА ВРАХУВАННЯ ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

Томаш Волчанський¹, Тереза Козакевич², Роман Кушнір², Валентин Можаровський³

¹Політехніка Опольська, м. Опольце;

²Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів;

³Гомельський державний університет ім. Ф.Скорини, м. Гомель

Розглянуто вибрані проблеми моделювання та оптимізації залишкових структурного і напруженого станів сталевих тіл за технологічного нагрівання. Дані проблеми стосуються властивостей матеріалу, структури, значень питомих об'ємів фазових складових, типів термообробок, процесів, що відбуваються при них та ін. Виділено особливості способів нагріву та охолодження.

При виготовленні елементів сучасних конструкцій і машин часто використовують локальний високотемпературний нагрів, який практично реалізують за допомогою конкретних способів нагріву (газових, електричних, електромагнітних, лазерних, інфра- чи теплового опромінення і т.п.). При цьому виникають проблеми, які стосуються математичного моделювання таких дій, опису їх наявних властивостей, специфіки поведінки як тимчасових, так і залишкових фазового і напруженого станів сталевих тіл за цих дій [1].

Високі температури нагріву і режими наступного охолодження можуть змінювати структурний стан матеріалу, зокрема сталі, зумовлюючи зміну механічних властивостей (твердості, пластичності, в'язкості і ін.), а також виникнення у відповідних елементах як пластичних, так і структурних залишкових деформацій і напружень, рівні яких залежать від специфіки дії і можуть ставати більшими від допустимих.

Для прогнозування механічних властивостей елементів конструкцій і рівня залишкових напружень, що виникають у них при високотермічних способах нагріву-охолодження, є важливим і актуальним розробка методик моделювання, дослідження і оптимізації відносно різних критеріїв (функціональних, міцнісних, екологічних, інженерії безпеки та ін.) фазового і напруженого станів таких елементів у процесі нагріву – охолодження, зокрема по завершенні охолодження. Вихідними при цьому є моделювання джерел тепла і охолодження при використувананих реальних способах нагріву і охолодження, а також інженерної реалізації тих способів, за врахування супутніх факторів екологічної і технічної безпеки (особливо факторів дії як на людину і середовище праці, так і навколишнє оточення) [2].

У роботі [2] основну увагу зосереджено на рухомих розподілених джерелах тепла з декількома центрами локалізації, які не пов'язані з конкретним способом нагріву. Процес охолодження зв'язаний, в основному, з припинен-

ням дії джерел і умовами відповідного теплообміну з довкіллям, зокрема конвективного.

Найвним способом нагріву відповідають свої розподіли джерел тепла чи особливості введення енергії в об'єм розглядуваних елементів поверхневими потоками тепла чи джерелами, які можуть мати розподіл від приповерхневого до об'ємного, в тому – майже рівномірного. Зокрема для газових чи лазерних способів нагріву, а також при опроміненні в інфрачервоному спектрі, ці розподіли майже поверхневі. При цьому обов'язковим є виділення нагріву електромагнітного (індукційного), при якому в залежності від частоти, розподіл джерел відносно товщини змінюється від поверхневого (скінефект) до майже постійного. Кожному з використовуваних способів нагрівання властиві свої технічні особливості в реалізації і фактори дії на середовище праці і оточення. Варто також підкреслити, що згаданим способам нагріву відповідають, в загальному, як корисні фактори дії (технологічні, екологічні, техніки безпеки, економічні та ін.), так і негативні (температурні, шумові, шкідливі для здоров'я та ін.).

Така ситуація наявна і для способів охолодження. Окремі результати, які можна досягнути цільовим способом охолодження, обговорено в [2].

Вибір способів цільового нагріву та охолодження повинні реалізовуватись, спираючись на компромісну оцінку як отримуваних кінцевих ефектів впливу існуючих чинників (технічних, технологічних, економічних, безпеки умов праці і середовища, шкідливих для здоров'я і ін.), так і врахування наявних інженерних особливостей реалізації способів нагріву і охолодження в кожному розглядуваному випадку.

Роботу виконано за часткової фінансової підтримки в рамках наукового проєкту СБ-460 (2020-2021) спільного конкурсу наукових проєктів НАН України та НАН Білорусі.

1. *Коляно Ю.М., Кулик А.Н.* Температурные напряжения от объемных источников – Киев : Наукова думка, 1983. – 288 с.
2. *Wolczański T., Kozakevych T., Hachkevych O.* Structural and residual stress state of steel plates subjected to the heating of moving heat sources. (ISSN 1429-6063, ISBN 978-83-66033-63-4). Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole, 2019. – 290 с.

MODELING THE HEATING-COOLING METHOD IN THE THERMOMECHANICS OF STEEL BODIES TAKING INTO ACCOUNT PHASE TRANSFORMATIONS

The problems of modeling and optimization of the residual structural and stress state of steel bodies during technological heating are discussed.