

УДК 621.9:004.94:519.17

Танченко С.В.¹, Рясненко Б.Д.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. М-213сп НУ «Запорізька політехніка»

ІНТЕГРОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ РОЗГОРТОК ЛИС- ТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ТОПОЛОГІЧНИХ І ГРАФОВИХ МЕТОДІВ

Інтегрований метод побудови розгорток листових конструкцій на основі топологічного аналізу та графових алгоритмів

Сучасні вимоги до виготовлення листових конструкцій передбачають забезпечення високої точності геометрії виробів та ефективності технологічних процесів. Це особливо актуально при використанні алюмінієвих композитних панелей, які поєднують високу жорсткість, малу масу та корозійну стійкість.

Досягнення зазначених характеристик ускладнюється необхідністю виготовлення виробів складної просторової форми, що вимагає побудови коректних плоских розгорток. Традиційні методи, засновані на використанні типової конструкторської документації або штампуванні, є недостатньо ефективними в умовах індивідуального виробництва та відновлення виробів. У таких випадках застосовується реверс-інжиніринг, який забезпечує отримання цифрової моделі за фізичним зразком.

Побудова розгорток листових конструкцій характеризується двома основними складовими: геометричною та технологічною. Геометрична складова визначається складністю контурів, кількістю ліній згину та з'єднання, тоді як технологічна — трудомісткістю виготовлення та точністю складання.

Аналіз існуючих досліджень показує, що питання побудови розгортки розглядаються переважно з позицій геометричного моделювання, топологічного аналізу та методів теорії графів. Разом з тим виявлено низку суттєвих недоліків. Зокрема, недостатньо враховуються особливості обробки алюмінієвих композитних панелей методом фрезерування, відсутня систематизація технологічних параметрів, а також не визначені чіткі критерії оптимальності розгортки для даного класу матеріалів.

Існуючі критерії оцінки, такі як компактність розгортки та легкість складання, не забезпечують комплексного врахування технологічних факторів, зокрема довжини інструментальних траєкторій та особливостей формоутворення. Крім того, відсутня інтеграція процесів побудови розгортки із етапом реверс-інжинірингу, що знижує ефективність цифрового виробництва.

З метою усунення зазначених недоліків запропоновано інтегрований підхід до побудови розгортки, який поєднує методи реверс-інжинірингу, топологічного аналізу та теорії графів. Основою підходу є використання топологічного представлення 3D-моделі, що дозволяє формалізувати її структуру через зв'язність елементів, наявність циклів та локальні особливості поверхні.

Застосування топологічної декомпозиції забезпечує виділення областей, придатних для побудови розгортки, із збереженням геометричної цілісності моделі. При цьому використання граничного представлення дозволяє отримати повний опис взаємозв'язків між елементами поверхні.

Подальша оптимізація виконується із застосуванням методів теорії графів, де поверхня моделі подається у вигляді графа. Вибір ліній розрізу здійснюється на основі побудови мінімального остовного дерева, що забезпечує мінімізацію сумарної довжини різів і зменшення кількості фрагментів розгортки.

Додатково застосування імітаційних методів оптимізації, зокрема алгоритму відпалу, дозволяє одночасно враховувати декілька критеріїв, включаючи відсутність перекриттів і мінімізацію довжини траєкторій інструмента при фрезеруванні.

Запропонований підхід забезпечує підвищення точності побудови розгортки, зниження трудомісткості виготовлення, скорочення довжини інструментальних траєкторій та створює передумови для автоматизації процесу в CAD/CAM-системах.

Таким чином, інтеграція топологічного аналізу, графових методів і реверс-інжинірингу дозволяє підвищити ефективність побудови розгортки листових конструкцій та усунути обмеження існуючих підходів.