

УДК 514.18 : 678.5.05

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Колосова О. П., Ванін В. В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Полімерні композиційні матеріали (ПКМ), що поєднують малу щільність, високий модуль пружності і міцність (що є прикладами функціональних характеристик), у даний час широко використовуються в різних галузях промисловості: авіабудуванні, автомобільній промисловості, будівництві, спортивній індустрії, медицині та ін. Завдання проектування технології і обладнання для одержання традиційних і наномодифікованих функціональних ПКМ спрямовані на виявлення і вивчення взаємозв'язків між структурно-механічними і геометричними параметрами виробів, з одного боку, і технологічними факторами їх виробництва, з іншого боку.

У свою чергу, дослідження задач оптимального проектування технологічно-конструктивних параметрів засобів для одержання ПКМ дають змогу виокремити як основне завдання вивчення взаємозв'язку тріади "склад композиту – структура – властивості". Зазначимо, що визначення оптимальних (ефективних), тобто певним чином усереднених характеристик, є у загальному випадку трудомісткою задачею. Цю задачу, як правило, вирішують на базі проведення коштовних натурних експериментів, або шляхом моделювання з використанням чисельно-аналітичних та інших методів.

У деяких випадках навіть вдається отримати емпіричні аналітичні залежності. Проте основні складнощі виникають при здійсненні синтезу вихідних характеристик (експлуатаційних властивостей) ПКМ складної геометричної структури внаслідок суттєвого впливу неоднорідності (анізотропності) їх середовища на технологічні процеси чи обладнання для формування, що моделюються.

Існування широкого спектру диверсифікованих структур ПКМ та складність моделювання технологічних процесів та формуючого обладнання обумовлює високий рівень деталізації застосовуваних моделей (математичних, геометричних, комп'ютерних). Це нерідко призводить до суттєвого підвищення складності (наприклад, на порядок) реалізуємих алгоритмів. Тому для розв'язування таких задач чисельними методами доцільним є застосування процедур як паралельних, так і розподілених обчислень.

Наприклад, отримані аналітично кінетичні рівняння поздовжнього і поперечного «вільного» просочення орієнтованих і тканих волокнистих наповнювачів рідкими полімерними сполучними дозволяють прогнозувати час просочення і швидкість протягання волокнистого наповнювача крізь просочувальну ванну, а також проектувати її габарити.

Проектувати оптимальне зусилля натягнення просочених волокнистих наповнювачів при окружному намотуванні дозволяє вивчення експериментальних результатів щодо впливу технологічних режимів просочення на міцність просочених і висушених волокнистих наповнювачів. Причому для мінімізації матеріальних і часових витрат, як правило, застосовують методіку структурно-параметричного моделювання конструкційно-технологічних параметрів технології та обладнання (інструментів) для озвучування рідких полімерних середовищ і для одержання реактопластичних ПКМ.

Наприклад, досліджувану класичну структурну схему просочення і дозованого нанесення полімерного (епоксидного) сполучного на довгомірний волокнистий наповнювач з використанням ультразвукової модифікації доцільно розділити на такі окремі структуровані

блоки: 1) блок озвучування епоксидного олігомера і приготування просочувальної епоксидної композиції (ЕК) на його основі; 2) блок «вільного» просочення орієнтованого (тканого) волокнистого наповнювача рідкою ЕК; 3) блок дозованого нанесення рідкої ЕК на просочений волокнистий наповнювач. Далі в рамках проведення синтезу аналізуються тільки вищевказані укрупнені блоки і їх складові структурні елементи, а також конструкційно-технологічні взаємозв'язки між ними.

Інша проблемна ситуація в технології ПКМ пов'язана з модифікацією поверхні армуючого волокна і рідкого полімерного сполучного з метою поліпшення фізико-механічних і експлуатаційних властивостей одержуваних традиційних і наномодифікованих композитів, що є актуальним завданням полімерного матеріалознавства. Це завдання реалізується як так і комплексно, так і окремо різними методами модифікації (фізичної – у вигляді ультразвуку, хімічної та комбінованої фізико-хімічної).

Таким чином, питання проектування технологічного процесу одержання функціональних традиційних і наномодифікованих ПКМ конструкційного призначення на основі реактопластів є не менш актуальними. Причому саме ультразвукова обробка є домінуючим методом фізичної модифікації, яка одночасно направлена на інтенсифікацію багатьох технологічних операцій одержання таких матеріалів, а також на поліпшення фізико-механічних і експлуатаційних характеристик одержуваних виробів і конструкцій.

Питанням приготування, підвищення фізико-механічних і експлуатаційних властивостей і особливостей застосування функціональних реактопластичних наномодифікованих ПКМ присвячено ряд робіт [1 – 5]. Зокрема, описані напрямки розвитку технології одержання полімерних нанокомпозитів, включаючи економічні аспекти реалізації нанотехнологій їх формування. Відзначено, що незважаючи на широкий спектр використовуваних технічних засобів, призначених для одержання таких матеріалів, саме технічні засоби, які використовують низькочастотний ультразвук в режимі кавітації, заслуговують на особливу увагу.

Це пов'язано з труднощами забезпечення рівномірного розподілу наночастинок в олігомері, що обумовлений схильністю вводимих у нього наночастинок, внаслідок їх високої поверхневої енергії, до взаємного тяжіння, що призводить до їх злипання і агрегування. Показано, що необхідними умовами для створення таких матеріалів є малий розмір і максимально однорідний розподіл часток вуглецевого наноаповнювача в рідкій полімерній матриці. Встановлено, що ефективність введення наночастинок у рідке полімерне середовище залежить не тільки від їх дозування, але і від технологічних параметрів проведення змішування, що приводить до необхідності їх врахування під час розроблення ефективних складів.

Відзначено, що одним з перспективних варіантів вирішення завдання модифікації поверхні вуглецевого волокна і полімерного сполучного для поліпшення механічних властивостей кінцевого виробу є створення вуглепластиків комбінованого наповнення, в яких безперервне вуглецеве волокно поєднується зі сполучним, в об'ємі якого рівномірно розподілені ультрадисперсні вуглецеві наночастинок.

Подальші напрями досліджень в області створення армованих ПКМ функціонального призначення лежать у площині поліпшення властивостей застосовуваних наномодифікаторів у вигляді вуглецевих нанотрубок, удосконалення технології деагломерації і подальшого поєднання компонентів нанокомпозитів, а також у розробці інноваційних методів синтезу вуглепластиків комбінованого наповнення та гібридних вугленанокомпозитів.

Список літератури

2. Колосов О.Є. Одержання волокнистонаповнених реактопластичних полімерних композиційних матеріалів із застосуванням ультразвуку: [монографія] / О.Є.Колосов, В.І. Сівецький, О.П. Колосова. – К.: ВПК «Політехніка», 2015. – 295 с.

3. *Колосов О.Є.* Одержання високоякісних традиційних та наномодифікованих реактопластичних полімерних композиційних матеріалів: [монографія] / О.Є. Колосов. – К.: ВПі ВПК «Політехніка», 2015. – 227 с.
 4. *Колосова О.П.* Моделювання процесів виготовлення реактопластичних композиційно-волокнистих матеріалів [монографія] / О. П. Колосова, В. В. Ванін, Г. А. Вірченко, О. Є. Колосов. – К.: ВПК «Політехніка» НТУУ «КПІ», 2016. – 164 с.
 5. *Колосова О.П.* Моделювання процесів та обладнання для виготовлення реактопластичних матеріалів: [монографія] / О.П. Колосова, В. В. Ванін, О.Є. Колосов, В.І. Сівецький. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 235 с.
 6. *Сівецький В.І.* Технології і устаткування для формування виробів з традиційних та інтелектуальних полімерних композиційних матеріалів [монографія] / В.І.Сівецький, О.Є. Колосов, О.Л. Сокольський, І.І. Івіцький. – К.: ВПі ВПК «Політехніка», 2017. – 120 с.
-