

УДК 678.026

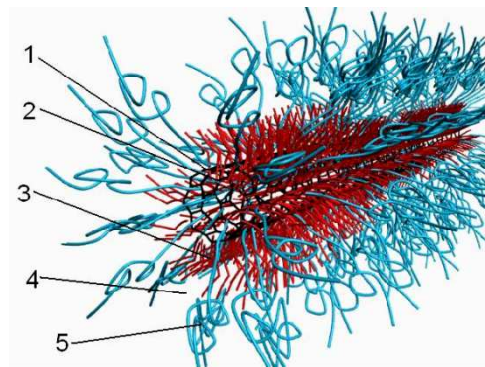
## ВПЛИВ ДИСПЕРСНОГО НАПОВНЮВАЧА НА ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНОГО ЗВ'ЯЗУЮЧОГО

Колосов О.Є., д.т.н., с.н.с., Сівецький В.І., к.т.н., проф.,  
Малащук Н.С., магістр, Романчук Б.В., аспірант

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Аналізуючи морфологію граничного шару полімеру біля поверхні вуглецевої нанотрубки (ВНТ), необхідно зазначити, що для реактопластичного полімерного зв'язуючого важливим чинником є ефект орієнтуючого впливу дисперсного наповнювача [1]. Орієнтування при цьому здійснюється не тільки в адсорбованих молекулах, але і в молекулах, які безпосередньо з ними (тобто з адсорбованими молекулами) пов'язані, і в яких орієнтування відбувається як відгук на ближню взаємодію. Дальнодія не обмежується впливом поверхневих силових полів.

У роботі [2] встановлено, що мікроусадкові явища, що спостерігаються в процесі формування наномодифікованих полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), також викликають об'ємне орієнтування (див. рис. 1).



1 – ВНТ; 2 – адсорбований мікрошар полімеру;  
3 – орієнтований шар полімеру; 4 – перехідний шар полімеру;  
5 – полімер в об'ємній фазі

**Рис. 1. Схематичне зображення морфології граничного шару полімеру біля поверхні ВНТ [8]**

За рахунок зменшення частки міжглобулярних аморфних прошарків реактопластичного полімеру в граничному шарі відбувається збільшення ступеня кристалічності за рахунок зменшення частки міжглобулярних аморфних прошарків полімеру. Тому щільність полімеру в граничному шарі підвищується в порівнянні з об'ємною фазою. В граничному шарі проявляється ефект орієнтації, який виникає в результаті впорядкування структури полімеру.

З граничних шарів матриці утворюється каркас, а частинки граничних шарів дисперсного наповнювача слугують їх носіями. При цьому структура такого каркаса з посиленою матрицею здійснює істотний вплив на фізико-механічні характеристики нанокompозиту.

Рівномірність розподілу дисперсного наповнювача має велике значення в наномодифікованих ПКМ, що характеризує формування безперервного підсилюючого просторового каркаса з частинок наповнювача, пов'язаних із структурованими прошарками реактопластичного полімеру.

Таким чином, відповідно до вищезазначених факторів, для отримання позитивного ефекту при наповненні густосічастих термореактивних полімерних матриць жорсткими дисперсними частинками бажано дотримуватися таких умов:

- ступінь наповнення повинна знаходитися в оптимальних (ефективних) межах, обумовлених розміром використовуваних дисперсних частинок;
- бажано використовувати дисперсні частинки нанометрового діапазону;
- дисперсний наповнювач повинен мати гарну адгезію до матеріалу полімерної матриці, переважно з хімічним зв'язком між наповнювачем і матрицею.

Часові параметри процесу диспергування визначити досить складно, оскільки автори не вказують даних щодо середньої довжини і розмірів одиночних ВНТ в агломераті, а також щодо самих розмірів агломератів. Тому ці значення, як правило, встановлюються експериментально.

Крім того, оскільки тверда частинка (агломерат) не деформується разом із шарами оточуючої її рідини, то така частинка буде перешкоджати течії рідини і підвищувати її в'язкість. Вплив даних факторів збільшується і в'язкість наповненої композиції зростає при збільшенні концентрації дисперсного наповнювача. Однак це зростання може бути не пропорційним вмісту наповнювача в рідкому середовищі.

У роботі [3] вказується на перспективність застосування ультразвуку (УЗ) при реалізації процесів формуванні інтелектуальних ПКМ (ІПКМ). Направленої зміни структури і експлуатаційних властивостей виробів з термореактивних полімерів, що володіють ефектом термоосадження, можливо також досягти за допомогою застосування УЗ-кавітації, яка сприяє згортанню не молекулярних ланцюжків, а міжвузлових фрагментів вздовж вісі деформації.

Відзначається, що для оцінки н.д.с. виробів з ІПКМ необхідним є визначення мінімальної кількості інтелектуальних датчиків для забезпечення можливості постійного моніторингу отримання шуканої інформації. Проте тут не розкривається методика визначення кількості таких датчиків, що, очевидно, є комерційною таємницею (ноу-хау) розробників.

Також наголошується на ефективності використання вуглецевих наномодифікаторів для виготовлення конструкційних елементів з ІПКМ, але наявні дані свідчать про велику розбіжність цього показника у залежності від використовуваної полімерної матриці та виду нанонаповнювача, а також про наявність ефекту седиментації (осідання). Очікується, що використання ефективного вмісту та виду наномодифікаторів може привести до зниження загальної ваги конструкційних елементів в середньому до 10% і більше, а також до підвищення на 50-100% експлуатаційних властивостей ІПКМ.

Розроблюваний методологічний підхід, на відміну від існуючих, дозволить здійснювати увесь цикл чисельного моделювання процесів підготовки полімерних матеріалів, формування виробів з них та проектування полімерного обладнання і формуючої оснастки з урахуванням дії залишкових напружень, що забезпечить суттєву перевагу такого напрямку над існуючими вітчизняними аналогами.

В рамках цього підходу експериментальним шляхом планується визначення необхідної кількості інтелектуальних датчиків для забезпечення можливості отримання достатнього рівня інформації про н.д.с. полімерної композиції та виробів з них, а також встановлювати ефективні параметри УЗ-обробки полімерної матриці на стадіях компаундування ІПКМ та просочування і формування виробів, основними з яких є: частота, амплітуда, інтенсивність, час, температура [4].

Одночасно передбачається встановлювати ефективне процентне співвідношення полімерної матриці, армуючого макронаповнювача, наномодифікаторів, розташування датчиків у просоченому напівфабрикаті (препрезі), або в компаундованому ІПКМ.

## Література

1. Колосов О. Є. Одержання високоякісних традиційних та наномодифікованих реактопластичних полімерних композиційних матеріалів : монографія / О.Є. Колосов. – К.: ВПІ ВПК Політехніка, 2015. – 197 с.
2. Блохин А.Н. Разработка процесса наноуглеродного модифицирования композиционных

матеріалів на основі епоксидних смол і його апаратурного оформлення: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.17.06, 05.17.08 / А.Н. Блохин. – Тамбов, 2012. – 15 с.

3. *Попов Ю.О.* Новое поколение материалов и технологий для изготовления лонжеронов лопастей вертолета / Ю.О. Попов, Т.В. Колокольцева, А.В. Хрульков // *Авиационные материалы и технологии.* – 2014. – №2. – С. 5–9.

4. *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.