

НАПРЯМИ РОЗВИТКУ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У КОНТЕКСТІ ПОЛІМЕРНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

КОЛОСОВ О.Є., д.т.н., с.н.с.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Стосовно до полімерного матеріалознавства сучасна нанотехнологія розвивається у двох основних напрямках [1–3].

Перший напрямок являє собою синтез полімерів з необхідними властивостями, які задаються на молекулярному рівні (тому макромолекули мають нанорозміри), традиційними для хімії полімерів способами.

При використанні різних хімічних реакцій можливе одержання полімерів різної будови: лінійних, розгалужених, гіперрогалужених, сітчастих з різною структурою і щільністю сіток, з бічними і кінцевими групами різного складу та активності, блок-сополімерів, термостійких, вогнестійких, рідкокристалічних, з власною внутрішньою електропровідністю, електроактивних, елементоорганічних, металоорганічних й ін.

Сополімерні макромолекули, що складаються з жорстких і гнучких блоків, що чергуються, здатні утворювати структури з виділенням фази з високим відношенням довжини до діаметра (при діаметрі в кілька нанометрів). Такі полімери прийнято називати молекулярними композитами або самоармованими полімерами.

Одним з напрямків синтезу полімерних наноматеріалів є одержання макромолекул, здатних до самоорганізації, властивої біополімерам (віруси, рибосоми, білкові волокна, мембрани, ферментні комплекси). В їх основі лежить молекулярне розпізнавання і впорядкування складових елементів з наступним самозбиранням функціональних надмолекулярних структур за рахунок Ван-дер-Ваальсових, електростатичних і водневих зв'язків.

Так, білкові макромолекули утворюють геометрично регулярні структури (спіралі, кільця й ін.), які упаковуються в плоскі шари або трубки. Наприклад, синтезовані макромолекули, здатні до самозбирання в надмолекулярні трубчасті структури, які перетворюються у впорядковану двомірну або колончасту рідкокристалічну фазу [2–3].

Залежно від умов проведення реакції аніонної сополімеризації стиролу і бутадієну проходить спрямована самоорганізація макромолекул з одержанням блок-сополімерів або сополімерів з ланками, що чергуються, з різною морфологією (розміри надмолекулярних структур і доменів – до 0,1 і 0,2 мкм, відповідно) і властивостями.

Для цього напрямку термін «нанотехнологія», за словами американського хіміка, нобелівського лауреата Роальда Хофмана, звучить як «сучасна назва для того, чим займається традиційна хімія» [2–3].

Другий напрямок полягає в одержанні наповнених композицій, що складаються з двох або більше фаз з чітким міжфазним кордоном і з середнім розміром однієї з фаз менш 100 нм – полімерних наноконпозиційних матеріалів (наноконполімерів).

Розроблені та використовуються композиції з нанорозмірними компонентами різної хімічної природи – вуглецевими, неорганічними (металевими, керамічними), органічними.

Наноструктуровані матеріали містять наступні одержувані різними способами нанорозмірні компоненти (наповнювачі):

- *вуглецеві*: фулерени, фулерити, астралени, одношарові нанотрубки з різною структурою (крісельною, зигзагоподібною, гвинтовою) графенових стінок, багатшарові нанотрубки, вуглецеві нановолокна, наносажі, молекулярні алмази;

- *металеві*: наночастинки, одержувані шляхом лазерного випаровування атомів з їх конденсацією при охолодженні, високочастотним індукційним нагрівом, хімічними методами (синтез металовмісних полімерів, наприклад, іонним обміном з використанням олігометилефеніленів, каталітичне відновлення, розкладання металоорганічних сполук, їх

термоліз), імпульсними лазерними методами, нанопорошки, одержувані помелом у наномлинах в рідких середовищах у присутності ПАР, нановолокна, «вуса»;

- *керамічні*: скляні нанолусочки, пластівці, пластини нанослюди, наночастинки кремнієвої кислоти, оксидів кремнію, алюмінію, цинку, індію, карбиду вольфраму, органомодифіковані шаруваті силікати, бентоніти зі структурою монтморилоніту, «наногліни», нанотрубки галуазиту та інших мінералів, оптично прозорі хлоп'я товщиною менше 5 нм;

- *полімерні*: елементоорганічні полімери з іонно-кластерними, іонно- доменними нанофазами розміром (1 – 100) нм, що утворюються в процесі синтезу; розгалужені зіркоподібні дендримери, гіперрозгалуджені наномолекули; наномолекули з внутрішньою електропровідністю, наприклад допирований політіофен; нановолокна з природних фібрил льону, коноплі.

Технологія одержання НМПКМ залежить від типу наночастинок, які вводять у полімер. При цьому специфічні властивості наночастинок створюють певні складності для їх суміщення з полімерами. Так, висока поверхнева енергія наночастинок (ВНТ) призводить до їх агрегування, злипання, а через хімічну активність вони при взаємодії з іншими речовинами (полімерною матрицею) можуть (частково або повністю) втрачати свої унікальні властивості.

Одержати НМПКМ традиційними технологіями наповнення полімерів складно. НМПКМ одержують різними технологічними способами шляхом суміщення нанодисперсних наповнювачів різної хімічної природи (вуглецевих, керамічних, металевих) з термопластичними або термореактивними зв'язуючими, які виконують роль матриці в НМПКМ [4–8].

Певне погіршення реологічних властивостей таких композицій (зростання в'язкості розплаву) повною мірою компенсується різким поліпшенням експлуатаційних властивостей при істотно більш низькому об'ємному вмісті в композиції нанорозмірного наповнювача.

У даний час розроблені НМПКМ на основі поліпропілену, аліфатичних і ароматичних поліамідів, поліефірімідів, поліімідів, полісульфонів, полістиролу, полікарбонату, поліметилметакрилату, поліакрилонітрилу, поліетиленгліколю, поліуретанів, полівінілденфториду, полібутадієну, рідкокристалічних термотропних поліефірів, епоксидних зв'язуючих (ЕЗ).

Як зазначалося вище, висока питома поверхня (відношення площі поверхні до об'єму) наночастинок приводить до істотної відмінності їх фізичних, електронних, механічних, оптичних властивостей від властивостей матеріалів із структурними елементами, що мають мікронні і субмікронні розміри. Наповнення полімерів нанорозмірними наповнювачами (навіть при їх вмісті в композиції в кількості до 1 – 5% об.):

- підвищує пружно-міцнісні властивості, деформаційну теплостійкість, тріщиностійкість, стабільність розмірів виробів;

- дозволяє створювати матеріали з необхідними електричними, магнітними, оптичними властивостями, з регульованою швидкістю дифузії газів та рідин;

- використовується при розробці тиксотропних лаків, емалей, клеїв, полімерних плівок і покриттів з високою твердістю, зносостійкістю, електропровідністю, оптичною прозорістю, бар'єрними властивостями, здатністю до самоочищення (наноструктуровані гідрофобні покриття на основі дендримерів з «лотос»-ефектом); мембран з поліелектролітів зі зниженою набухаємістю; наномодифікованих гідрофільних і гідрофобних покриттів, у тому числі захисних покриттів для виробів електроніки і сенсорики;

- є перспективним для наномодифікування термореактивних і термопластичних зв'язуючих при розробці нового покоління ПКМ конструкційного та спеціального призначення.

Слід зазначити, що в якості нанорозмірних наповнювачів НМПКМ використовують вуглецеві наноструктури вищого порядку з перехідними формами вуглецю: фулерени, фулерити (фулерени в кристалічному стані), астралени (фулероїдні багаточарові вуглецеві наночастинки), одно- і багаточарові нанотрубки, нановолокна, наносажі [4–8].

Література

1. Харрис П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века [пер. с англ.] / Харрис П. – М.: Техносфера, 2003. – 336 с.
2. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены / Раков Э.Г. – М.: Университетская книга, Логос, 2006. – 376 с.
3. Макунин А.В. Полимер-наноглеродные композиты для космических технологий. Часть 1. Синтез и свойства наноглеродных структур: учебное пособие / А.В. Макунин, Н.Г. Чеченин. – М.: Университетская книга, 2011. – 150 с.
4. Азаренков Н.А. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: [учебн. пособие] / Азаренков Н.А., Береснев В.М., Погребняк А.Д., Маликов Л.В., Турбин П.В. – Х.: ХНУ им. В.Н.Каразина, 2009. – 209 с.
5. <http://www.nanotech.ru/>
6. Колосов О.Є. Технологія одержання багатокomпонентних епоксиполімерів із застосуванням направленої фізико-хімічної модифікації / О. Є. Колосов, В. І.Сівецький, Є. М. Панов. – К: НТУУ КПІ, 2010. – 220 с.
7. Колосов О.Є. Математичне моделювання базових процесів виготовлення полімерних композиційних матеріалів із застосуванням ультразвукової модифікації / О.Є. Колосов, В.І.Сівецький, Є.М. Панов та ін. – К.: ВД «Едельвейс», 2012. – 268 с.
8. Колосов О.Є. Одержання високоякісних традиційних та наномодифікованих реактопластичних полімерних композиційних матеріалів [текст] : монографія / О.Є. Колосов. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2015. – 227 с.