

УДК 678.046

НАУКОВІ ОСНОВИ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ВУГЛЕЦЕ- ОВОЛОКНИСТОГО НАПОВНЮВАЧА ФТОРОПЛАСТО- МАТРИЧНОГО КОМПОЗИТУ

О. А. Будник

Аспірант*

Контактний тел.: 8 (067) 702-02-11

E-mail: mr.budnik@mail.ru

М. В. Бурмістр

Доктор хімічних наук, професор, завідувачий кафедрою
переробки пластмас і фото-, нано- і поліграфічних
матеріалів

ДВУЗ «Український державний хіміко-технологічний
університет»

Проведено дослідження режимів підготовки вуглецеволокнистого наповнювача на різному технологічному устаткуванні. Розглянуті технологічні дії на подрібнюючий наповнювач in situ. Оцінена роль практично можливих способів модифікації наповнювача і дана їм наукова оцінка

Ключові слова: вуглеволокно, подрібнювання, політетрафторетилен, полімерний композитний матеріал, якість

Проведено исследование режимов подготовки углеволокнистого наполнителя на различном технологическом оборудовании. Рассмотрены технологические воздействия на измельчаемый наполнитель in situ. Оценена роль практически возможных способов модификации наполнителя и дана им научная оценка

Ключевые слова: углеволокно, дробление, политетрафторэтилен, полимерный композитный материал, качество

Research of the modes of preparation of carbon fibre on a different technological equipment is conducted. Technological influences on ground down ingredient of in situ are considered. A role is appraised practically possible methods of modification of ingredient and scientific estimation is given to them

Keywords: carbon fiber, crushing, polytetrafluorethylen, polymeric composite material, quality

Вступ

Застосування різних технологічних режимів виготовлення композитних матеріалів може у декілька разів змінити показники їх механічних властивостей і зносостійкості [1]. При цьому велике значення мають як марка і властивості початкового порошку фторопласту – 4 (Ф-4), ступінь кристалічності полімеру, так і дисперсність, форма і орієнтація частинок наповнювача. У ряді випадків все це може перекривати зміни, одержані за рахунок варіювання складу композитного матеріалу (КМ) [2].

Літературний огляд друкованого матеріалу показав, що основна увага дослідників фторопластоматричних вуглецевих композитів приділена, в основному, їх властивостям і лише незначна кількість публікацій пов'язує характеристики наповнювача і композиції з видом і режимами роботи забезпечуючого технологічного устаткування [3,4,5]. Науково описавши такий зв'язок можна гарантувати одержання наповнювача з необхідним розподілом за довжинами (фракціями), гранулометричним складом і в об'ємі

композиції та, як наслідок, композиту з необхідними службовими властивостями.

Матеріали і методи дослідження

Об'єктом досліджень стали композитні фторопластоматричні матеріали системи фторопласт-4 (Ф-4) – вуглецеве волокно (ВВ), одержані методами сухого поєднання компонентів композиції, подібними методами порошкової металургії [6]. Як вихідні компоненти композиції використовувалися порошки Ф-4 і вуглецеві волокна різної природи і технології одержання [7].

Завдяки поєднанню багатьох цінних хімічних і фізико-механічних властивостей Ф-4 знайшов широке застосування в техніці (деталі вузлів тертя, ущільнення і т.д.).

Вуглецеві волокна – продукт механічної дії на вуглецеві волоконні матеріали (ВВМ), які виробляються в різній текстильній формі [8,9].

Вуглецеві волокна (ВВ) займають особливе положення серед жаростійких волокон завдяки різно-

манітним цінним, а з ряду показників унікальним, механічним і фізико-хімічним властивостям. У них вдало поєднуються високі міцність і модуль пружності з низькою густиною, тому за питомими показниками вони перевершують всі жаростійкі волокна.

ВВ поділяються на ті, що карбонізуються (температура термообробки -1173-2273К, вміст вуглецю – 80-89%) і графітізуються (температура термообробки – до 3273 К, вміст вуглецю – вище 99%).

Розподіл волокон після дроблення в проведених дослідженнях оцінювався за допомогою програмного забезпечення ВідеоТЕСТ-структура.

Композиції для дослідження виготовлялися відомими методами одержання фторопластоматричної шихти [3]. Зразки для досліджень виготовляли з композицій методами компресійного пресування з подальшою термічною обробкою [6].

Дослідження службових властивостей одержуваних композитів здійснювалося стандартизованими методами, обробка і узагальнення одержаних даних проведена математико-статистичними методами на ЕОМ за допомогою програмного забезпечення.

Вибір технологічного устаткування для підготовки вуглецевоволокнистого наповнювача

Особливістю формування фракційного і гранулометричного складу ВВ наповнювача є те, що на вибір конструктивних особливостей забезпечуючого процес підготовки наповнювача устаткування впливають не тільки деформаційно-пружні властивості волокон і термодинамічні параметри роботи устаткування, але і можливість отримання в ньому необхідного розподілу подрібнених волокон за довжинами. Численні дослідження довели [1,4,6] що саме такий розподіл може гарантувати відповідність проектних [10] і одержуваних властивостей фторопластоматричного композиту [11].

Заздалегідь підготовлене низькомодульне ВВ (ГЦ; LM, $\rho = 1510 \text{ кг/м}^3$, ТТО = 1123°C, $\sigma_v = 0,54 \text{ ГПа}$) подавалося подрібненню на забезпечуючому технологічному устаткуванні з різним характером подрібнюючої дії. Попередньо за параметр оптимізації подрібненого вуглецевого волокна була прийнята насипна густина волокна, яка відповідає довжині волокон в подрібненій масі наповнювача. Для середньої довжини волокна $l = 120 \text{ мкм}$ насипна густина $\rho = 0,50 \text{ г/см}^3$. Початкове вуглецеве волокно є руноподібними грудками переплутаних між собою волокон з насипною густиною, що відповідає довжині волокон $l = 0,4 - 8 \text{ мм}$.

Режими роботи устаткування вибиралися такими (якщо це представлялося можливим), щоб у подрібненому волокні було небагато дуже дрібної фракції волокон (до 50 мкм) і з переважною довжиною більше 350 мкм. Такий гранулометричний склад не забезпечує належного армування фторопластової матриці [3,4].

Була поставлена мета формалізувати методику підбору технологічних параметрів процесу отримання фторопластоматричного вуглеволокнистого композиту, які забезпечують оптимізацію режимів переробки і відтворюваність проектного рівня фізико-механічних властивостей [10].

Як варійовані технологічні параметри процесу подрібнення були вибрані швидкості робочих органів, час

технологічного процесу і форма робочих органів подрібнення. Функціями відгуку вибрані експлуатаційні характеристики композиту – міцність при руйнуванні і зносостійкість.

Аналізуючи одержані дані, виявили, що кращим технологічним устаткуванням для подрібнення ВВ є млин МРП-1М на якому і була проведена вся серія випробувань по вибору технології.

Постановка і реалізація факторного експерименту з визначення впливу режимів технологічного процесу отримання ВВ наповнювача для Ф-4 дозволила одержати математичну модель технологічного процесу подрібнення ВВ. При цьому на першому етапі досліджень за параметр оптимізації була прийнята насипна густина ($\rho = 0,48 \text{ кг/м}^3$), а на другому етапі – середня довжина ВВ ($l = 120 \text{ мкм}$).

Математичні моделі процесу подрібнення ВВ аналізувалися за допомогою дисперсного аналізу і оптимізувалися [12]. Оптимальний режим подрібнення визначався методом крутого сходження (рух по градієнту). Визначалися числові і масові розподіли по довжинах вуглецевого волокна після подрібнення [13], а також питомі енерговитрати в процесі подрібнення.

Механічна активація у присутності матриці

Науково-технологічні методи одержання активного вуглецевоволокнистого наповнювача фторопластоматричного композиту

Разом з подрібненням ВВ до необхідної фракції і розподілом за довжинами і в об'ємі композиції відбувається її механіко-хімічна активація, передбачена і описана в роботах, наприклад [14-20]. Тут слід погодитися з [17], що «не дивлячись на значне число наукових публікацій, цей метод поки не знайшов промислового застосування». На наш погляд, такий стан питання пов'язаний з необхідністю індивідуального підходу як до природи подрібнюваного наповнювача так і до фізико-хімічних умов використання активованого продукту.

У наших дослідженнях для посилення результату механічної активації ВВ вивчено вплив введення в об'єм подрібнюваного ВВ певного об'єму Ф-4. Такий науково-технологічний прийом переслідував дві основні цілі: перша – «зв'язати» розділені волокна мілкою фракцією (до 50 мкм) в реакційно-здатні агломерати, – друга: досягти апретування подрібнених волокон шаром механічно активованого Ф-4. Обидві складові такої технології по науковому підходу дали практичний результат. Одержана композиція (CFFC) перевершує відомі такого ж складу по міцності при розриві, та по зносостійкості.

Термоокислююча обробка ВВ наповнювача

Цей метод підвищення реакційної здатності поєднання Ф-4–ВВ набув широкого поширення. Як окислювачі застосовувалися речовини різних типів як за станом і складом, так і температурою обробки, концентрацією реагентів і іншими технологічними особливостями [21,22]. Провівши всебічне вивчення цього процесу модифікації ВВ наповнювача і зробивши на-

уковий аналіз існуючих технологічних процесів [23,24], ми методами електронної мікроскопії з'ясували, що термоокислююча обробка поверхні вуглецевих волокон приводить до зростання їх питомої поверхні і, отже, до збільшення адгезії. Крім того, цей технологічний процес підготовки ВВ наповнювача сприяє видаленню вологи і забруднень з волокна. Недоліком термоокислюючої обробки ВВ є те, що вона супроводжується корозією їх поверхні з зменшенням їх фізико-механічних характеристик [25]. Тому технологічний процес окислення ВВ в наших дослідженнях проводився при 573-673К на протязі 15 хвилин, що дозволило зменшити корозію поверхні ВВ і зробити процес прийнятним для промислового освоєння, використовуючи як термічне устаткування сушильну шафу. Дуже незначне зростання характеристик композиту з модифікованим ВВ (менше 5%) ви'явилося вагомою причиною для припинення подальших досліджень в цьому напрямі. Автори зробили висновок, що при окислювальній обробці поверхні ВВ деяке підвищення працездатності композиту пояснюється, в основному, зростанням механічного зчеплення на міжфазовій межі, але при цьому знижується міцність самого ВВ наповнювача, що нівелює одержаний ефект.

Вакуумна обробка ВВ наповнювача

Використання вакууму при виготовленні композиції з полімеру і наповнювача відмічається в роботі [26] як дуже успішний технологічний прийом.

Найбільший вплив на експлуатаційні характеристики вуглецевоволокнистого фторопластоматричного композиту має термовакуумування. Оптимальним, по енерговитратах і одержуваному результату, виявилося нагрівання до (423 ± 5) К. Міцність при руйнуванні композиту при цьому зросла на 18-22% (залежно від якості Ф-4), а зносостійкість на 20-25%.

На наш погляд, ефективність такої модифікації пов'язана з «дегазацією» об'ємної маси волокна, тобто десорбцією газів з шарин, що є в структурі ВВ. А із збільшенням десорбції (не без підстав, на наш погляд) зв'язують збільшення питомої поверхні волокна [27] і характеристик композиту.

Висновки

Всі приведені в роботі дані свідчать лише про певну ефективність способів модифікації ВВ наповнювача композиту, оскільки великий вплив на ці характеристики мають природа і властивості поверхні, мікро- і макроструктури ВВМ, а також технологічні прийоми одержання з нього ВВ і методи оцінки їх ефективності у фторопластоматричному композиті.

Для правильного вибору найприйнятнішого методу модифікації ВВ наповнювача необхідно в конкретному випадку випробувати основні способи кожного методу обробки.

Література

1. Будник А.Ф., Руденко П.В., Будник О.А. и др. Разработка уплотнительного углефторопластового композитного материала с требуемыми служебными свойствами

- технологией его получения // Труды междунар. Конф. "Hervicon 2008" – Kielce – Przewysl. – 2008.-С. 299-306.
2. Антипов Ю.В., Бабаевский П.Г., Бородай Ф.Я. и др. Машиностроение. Энциклопедия. В сорока томах. Раздел II. Материалы в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2005. – Т.II-4.-С.61
3. Пугачев А.К., Росляков О.А. Переработка фторопластов в изделия.-Л: Химия, 1987.-168 с.
4. Сиренко Г.А. Антифрикционные карбопластики.-Киев: Техника, 1985. – 195 с.
5. Будник А.Ф., Будник О.А., Бурмістр М.В. Вплив та місце технологічних процесів підготовки наповнювачів і композицій у технології виробництва композитів на основі фторопласту-4 // Вісник СумДУ.- 2007.№1.-С.64-72
6. Будник А.Ф., Будник О.А. Технологические процессы подготовки наполнителя и композиции в производстве композиционных материалов на основе политетрафторэтилена // Восточно-европейский журнал передовых технологий.-2007. №3/4 (27). – С.9-13.
7. Конкин А.А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы.- М.: Химия, 1974.-324с.
8. Конкин А.А. Свойства и области применения углеродных волокон // Тезисы докладов I Всесоюзной конференции по композиционным полимерным материалам. – Ташкент.-1980.-т.1-С.18-20.
9. Углеродные волокна/ Под.ред. С.Симамуры. – М.: Мир, 1987.-304 с.
10. Дудукаленко В.В. Оптимальное использование собственной прочности волокон в композитах с пластической матрицей.-Сумы: СФХПИ,-1990.-С.1-10.
11. Фитцер Э. Углеродные волокна и углекомпозиты: Пер. с англ. Под ред. А.А. Берлина. –М.: Мир, 1988.-366 с.
12. Саутин С. Планирование эксперимента в химии и химической технологии.- Л.:Химия, 1975. – С.10-14.
13. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – Л: Химия, 1987.-264 с.
14. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика – новая область науки. – М.: Химиздат. 1958.-64 с.
15. Барамбойм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений. – М.: Химия. – 1978.-364с.
16. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов.-Новосибирск.-1979. -256с.
17. Берлин А.А., Вольфсон С.А., Ошмян В.Г., Ениколопов Н.С. Принципы создания композиционных полимерных материалов. – М.: Химия.-1990. – 240с.
18. Сиренко Г.О. Створення антифрикційних композитних матеріалів на основі порошоків термостійких полімерів та вуглецевих волокон: Дис...доктора техн.наук: 05.16.06. – К., 1997.-431 с.
19. Новиков В.У., Кобец Л.П., Деев И.С. Исследование углеродных волокон с использованием мультифрактального формализма // Пластические массы. – 2004.№2.-С.15-20
20. Вишняков Л.Р., Мазная А.В., Тамила Т.В., Переселенцева Л.Н. Влияние механической активации на процессы синтеза амоносиликатов in situ в системе $\text{BN} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{Si}_3\text{N}_4$ // Порошковая металлургия. – 2008. №7/8. с. 3-9

21. Новикова О.А., Сергеев В.П. Модификация поверхности армирующих волокон в композиционных материалах. – К.: Наукова думка. – 1989.-218с.
22. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Львів.: Растр-7.-2007.- С.302-305
23. Соколов Б.Д., Смирнов Е.П., Марнов Г.П. и др. Исследование влияния окисления поверхности углеродных волокон на физико-механические свойства углепластиков // Журн. прикл.химии. – 1980.-№1.- С.103-108.
24. Pat.3816598 USA IC COIB 31/07/ Surface treatment of grafite fibers/A/L/ Cunningham.- Pube/11.06.84
25. Favre I.P., Perrin I. Carbon fibre adhesion to organic matrices // J.Mater.Sci. – 1982/-7,№10.-P.1113-1118
26. Миронов Н.А. Айзинсон И.Л., Беляев В.А. и др. Технология производства наполненных термопластов // Сборник докладов II ВНТК «Высоконаполненные композиционные полимерные материалы, развитие их производства и применение в народном хозяйстве». – М. – 1985. – 4.1- С.35-40
27. Барамбойм Н.К., Клейман А.М. Истратова Е.П. и др. Технологические аспекты трибохимических явлений // Сборник докладов II ВНТК «Высоконаполненные композиционные полимерные материалы, развитие их производства и применение в народном хозяйстве». – М.-1985.-ч.2 – С.105-10

УДК 577.359:57.087:576.08

АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОП КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ

Н. Ю. Гетманенко
Аспирант*

Е. Н. Галайченко
Кандидат технических наук, научный сотрудник*

Н. Н. Рожицкий
Доктор физико-математических наук, профессор*
*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166
Контактный тел.: 702-13-64
E-mail: rzh@kture.kharkov.ua

Наведена порівняльна характеристика методів дослідження морфології еритроцитів. Описаний принцип роботи атомно-силового мікроскопа. Наведені результати дослідження еритроцитів при різних методах фіксації за допомогою атомно-силового мікроскопу

Ключові слова: атомно-силовий мікроскоп (АСМ), еритроцити, сканування

Приведена сравнительная характеристика методов исследования морфологии эритроцитов. Описана методика проведения исследования с помощью атомно-силового микроскопа. Приведены результаты исследования эритроцитов при различных способах фиксации с помощью атомно-силовой микроскопии

Ключевые слова: атомно-силовой микроскоп (АСМ), эритроциты, сканирование

This article represents comparative methods investigation surface erythrocyte and principle of operation AFM. The results of AFM investigation of erythrocyte using different immobilization methods are presented

Key words: atomic-force microscope, erythrocyte, scanning

1. Введение

Эритроциты составляют основную массу форменных элементов крови. Важнейшая функция эритроцитов состоит в переносе кислорода от органов дыхания к клеткам организма т.е. участие в тканевом дыхании.

На основе тканевого дыхания, или биологического окисления, осуществляются энергетические процессы в организме. Переносчиком кислорода является гемоглобин, находящийся в эритроцитах.

Эритроциты участвуют в доставке питательных веществ к клеткам и тканям организма, выполняя пи-