

**ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ВУГЛЕКОМПОЗИТА НА ОСНОВІ
ФТОРОПЛАСТУ-4 В АСПЕКТАХ
МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

*А. О. Томас**, аспірант;

А. Ф. Будник, канд. техн. наук, доцент;

*М. В. Бурмістр**, д-р хім. наук, професор;

Л.І. Гутенко, студент,

Сумський державний університет, м.Суми

**ДВУЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,*

м. Дніропетровськ

Робота присвячена вирішенню завдання створення зносостійких композитних матеріалів на основі політрафторетилену методами математичного моделювання. Проаналізовано та знайдено основні технологічні параметри процесів одержання таких композиційних матеріалів, що впливають на структуру і властивості композита.

Ключові слова: *вуглекомполіти, конструкційна стійкість, зносостійкість, умови пресування, технологічні властивості, математичне моделювання*

Робота посвящена решению задачи создания износостойчивых композитных материалов на основе политрафторэтилену методами математического моделирования. Проанализированы и найдены основные технологические параметры процессов получения композиционных материалов, влияющих на структуру и свойства композита.

Ключевые слова: *углекомполиты, конструкционная устойчивость, износостойкость, условия прессования, технологические свойства, математическое моделирование*

ВСТУП

Широко використовуваний у багатьох галузях сучасного машинобудування та промисловості полімер - політетрафторетилен (ПТФЕ, фторопласт-4) і композиційні матеріали (КМ) на його основі продовжують перебувати на стадії свого розвитку і вдосконалення при їх дизайні. Унікальність ПТФЕ, полягає в ексклюзивному наборі фізико-механічних і хімічних властивостей, що в поєднанні з діелектричними характеристиками та іншими специфічними властивостями [1] дозволяє ефективно використовувати його для одержання сучасних композитів .

Прикладні науки в сучасному світі тісно співпрацюють з теоретичними, у тому числі з математичними. Ця плідна співпраця вже давно переросла в новий етап сучасних досліджень і зайняла своє вагоме місце у розвитку сучасного теоретичного і прикладного матеріалознавства. Галузі таких досліджень і аналізу, відомі як математичне моделювання, існують досить давно поряд з технічними науками і відповідними галузями промисловості. У вік тотальної комп'ютеризації цей напрямок сформувався у привілейовану сферу сучасних досліджень, у тому числі матеріалознавчих.

При цьому відпадає необхідність проведення великої кількості емпіричних досліджень і експериментів для визначення поведінки матеріалу в певних умовах, з'являється можливість прогнозування властивостей композиції, виходячи з аналізу її складових і технології одержання.

МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

Оптимальний комплекс властивостей наповнених композиційних матеріалів визначається: 1) вибором і технологією підготовки наповнювача за складом, дисперсністю, топологією поверхні; 2) співвідношенням наповнювача і полімеру; 3) технологією суміщення наповнювача з полімером; 4) технологією переробки отриманої композиції у виріб [2,3].

Використовуючи математичні моделі на кожній з цих стадій ми можемо моделювати необхідні технологічні умови отримання КМ, задаючи нові параметри, які змінюються (активний експеримент). Безумовно, це вимагає і проведення звичайних прикладних досліджень (пасивного експерименту), але в значно меншому обсязі, ніж зазвичай, за певною схемою з рандомізацією методами математичної статистики. Розглянемо кожен з трьох основних чинників технології КМ на основі ПТФЕ.

Наповнювачі.

За всю історію створення та застосування наповнених КМ на основі ПТФЕ в якості наповнювача пропонувалися найрізноманітніші речовини, однак лише деякі отримали широке поширення. Завдяки своїм унікальним властивостям і синергетичним ефектам при отриманні композиції найбільш вживаними наповнювачами є вугілля-кокс, скловолокно, бронза, оксид кадмію, керамічні волокна, дисульфід молібдену, порошки металів, вуглецеві волокна і величезна кількість інших [3]. Новітнім видом наповнювача, що відкриває нові грані у використанні КМ і цим поліпшує цілий ряд фізико-механічних характеристик, є вуглецеві нанотрубки [4].

На цей час найбільш поширеними, економічно доцільними і прийнятними для використання в машинобудуванні (зокрема у вузлах тертя компресорів і насосів) є фторопластові композити з вуглецевими волокнами як наповнювачі [5].

Змінними параметрами при математичному моделюванні технології будуть: вид наповнювача, топологія його поверхні, технологія його отримання і обробки, обсяг наповнювача в матриці, гранулометричний склад.

Технологія суміщення компонентів композиції. Оптимальний комплекс властивостей КМ при цій технологічній операції визначається дисперсністю наповнювача, рівномірністю розподілу його в матриці, характером взаємодії між наповнювачем і полімером на міжфазних межах. Усі ці параметри можуть входити як складові математичної моделі при проектуванні КМ і його моделюванні.

Технологія формування. Через високу в'язкість розплаву найбільш поширеним способом отримання заготовок з ПТФЕ та композитів на його основі є пресування [6]. Технологія пресування - це формування полімерних композиційних матеріалів у прес-формі під дією тиску для отримання заготовки або виробу із заданими розміром, формою і щільністю, яка забезпечує ефективність і можливість отримання композитів з необхідними експлуатаційними властивостями [7].

Сутність процесу пресування ПТФЕ та композицій на його основі полягає в зменшенні їх початкового об'єму обтисканням. При цьому отримують з пухкого порошку композиції ПТФЕ і вуглецевого волокна з насипною щільністю від 0,2 до 0,7 г/см³ заготовки із щільністю від 1,83 до 2,12 г/см³ в результаті більш щільного впакування частинок порошку під впливом прикладеного до нього тиску - від 35 до 100 МПа. Відомо [8], що об'єм тіла під час пресування змінюється в результаті заповнення порожнини між пресованими частками за рахунок їх усунення і пластичної деформації. Реалізація процесу отримання КМ з необхідними

властивостями вимагає розроблення керованої технології пресування, що дозволяє змінюючи її параметри, в кінцевому підсумку керувати структурою одержуваного композита та експлуатаційними властивостями готового виробу.

Основними технологічними параметрами, що впливають на структуру матеріалу і властивості композита при технології його пресування, є зусилля пресування, швидкість пресування, час витримки під тиском, час витримки після пресування до термічної обробки.

Розгляду, вивченню та аналізу підлягав технологічний процес пресування композиції у виріб методами математичного моделювання. Розроблена математична модель технологічного процесу пресування дає можливість науково прогнозувати експлуатаційні властивості майбутнього композита, зробивши цю стадію техпроцесу отримання композита керованою.

ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У ході здійснених досліджень були проведені експерименти з визначення впливу основних технологічних і фізико-механічних факторів пресування КМ на його службові (експлуатаційні) властивості. Результати випробувань наведені у таблицях 1,2 і 3.

Досліджували вплив таких факторів: X_1 -швидкість пресування, см/хв., рівні фактора X_1 : верхній - 15, нижній - 3; X_2 -час витримки під пресом, хв, рівні фактора X_2 : верхній - 60, нижній - 0; X_3 -зусилля пресування, МПа, рівні фактора X_3 : верхній - 80, нижній - 20;

Як функції відгуку вибрані експлуатаційні характеристики композитів - інтенсивність зношування $I \cdot 10^{-7}$ [мм³/Н*м] і межа міцності при стисненні $\sigma_{ст}$ [МПа].

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали стандартними методами математичної статистики. Значення середньоквадратичного відхилення і межі довірчих інтервалів визначали за критерієм Стюдента при рівні надійності 0,95. Значущість лінійних ефектів перевіряли за допомогою критерію Фішера, який розраховували як відношення більшої оцінки до меншої [9].

Під час аналізу отриманих даних зроблені такі висновки:

1. Збільшення тиску пресування до значення вище 60 МПа виникає більш ніж до 10% зниження зносостійкості (табл.1). Попередні дослідження мікротомних зрізів перетину заготовки з композиту дозволяють зробити висновок, що це явище пов'язане з руйнуванням армуючих волокон і втратою ними армуючих (що підсилюють опір зносу) властивостей.

Таблиця 1 - Властивості вуглефторопластового композита залежно від тиску формування заготовки

P, МПа	$I \cdot 10^{-7}$, мм ³ /Н*м	$\sigma_{ст}$, МПа
20	10,0	20,0
30	6,5	24,0
40	4,5	25,0
50	2,0	27,0
60	1,5	28,0
80	1,75	29,0

$T_{спікання} = (630 \pm 5)K$

2. Збільшення часу витримки пресування композиції під тиском вище 30 хв призводить до значного зниження зносостійкості (табл. 2), що також пов'язане з руйнуванням армуючих волокон при релаксації напружень в обсязі пресування (питомий тиск у верхній частині

пресування значно вищий, ніж у нижній за рахунок внутрішнього та зовнішнього тертя композиції при формуванні її в заготовку).

Таблиця 2 - Вплив часу витримки пресування композита до спікання на його експлуатаційні властивості

T, хв	$I \cdot 10^{-7}$, мм ³ /Н*м	σ_t , МПа
0	1,60	28,0
5	1,28	31,8
10	1,20	32,8
30	1,21	32,1
60	1,40	32,0
T _{спікання} =(630 ± 5)К, P _{пресування} =(60 ± 5)МПа		

3. Збільшення швидкості пресування більше 7 см / хв приводить до зниження зносостійкості композита (табл. 3), тому що фронт зусиль пресування не встигає поширитися по обсягу пресування, що викликає руйнування вуглецевих волокон у верхній частині пресування і недопресування у середній і нижній частинах заготовки під час її формуванні

Таблиця 3 - Вплив швидкості пресування композиції на властивості композита

V _{пр} , см/хв	$I \cdot 10^{-7}$, мм ³ /Н*м	σ_t , МПа
3,0	1,25	30,1
5,0	1,20	30,6
7,0	1,18	31,0
10,0	2,00	25,4
15,0	4,90	20,6
T _{спікання} =(630 ± 5)К, P _{пресування} =(60 ± 5)МПа		

ВИСНОВКИ

Встановлено основні параметри технологічного процесу пресування заготовки з композиції та знайдено їх оптимуми. Методами математичного моделювання означено найбільш впливові характеристики процесу пресування композиту та визначено їх рандомізацію. Показано, що залежність інтенсивності зношування та міцності при стисненні вуглефторопластового композиту від умов формування заготовки має екстремальний характер і може бути спрогнозована математичними методами.

SUMMARY

TECHNOLOGY OF RECEIPT THE CARBONCOMPOSITION ON BASIS PTFE-4 IN THE ASPECTS OF MATHEMATICAL MODELING

A. O.Tomas, A.F. Budnik, M.V.Burmistr, L.I.Gutenko

Sumy State University, Sumy

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk

The basic parameters of technological process - pressing piece of music and found their optimum. Investigate showed that the intensive abrasione carbopolytetrafluoroethylene composite of the conditions of formation of billets is an extreme nature.

Key words: *carboncomposition, construction stability, abrasion resistance, forming conditions, technological parameters, mathematical modeling.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сиренко Г.А. Антифрикционные карбопластики / Г.А. Сиренко. – К.: Техника, 1985.
2. Полимерные композитные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособ. изд. перераб. / Берлин А.А., Кербер М.Р., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др.; под. ред. А.А. Берлина. - СПб.: Профессия, 2009. – 560 с.
3. Микульонок І.О. Термопластичні композитні матеріали та їх наповнювачі: класифікація та загальні відомості / І.О. Микульонок // Хімічна промисловість України. - 2005. - С.30-39.
4. Наноккомпозити фторопласт-4/вуглецеві нанотрубки: одержання, структура та механічні властивості / Семенцов Ю.І., Пятковський М.Л., Гаврилюк Н.А., Приходько Г.П., Картель М.Т., Грабовський Ю.Є. // Хімічна промисловість України. - 2009. – Вип.5.
5. Томас А.А. Технология углеволокнистого фторопластового композита с пониженным влагопоглощением и износом / А.А. Томас, А.Ф. Будник, М.В. Бурмистр. //Международный научно - технический сборник «Композитные материалы». - Днепропетровск: ДГАУ,2010. - Том 4, №2. - С.18-20.
6. Пугачев А.К. Переработка фторопластов в изделия: технология и оборудование / А.К. Пугачев, О.А. Росляков. - Л.:Химия, 1987.-168 с.
7. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. Структура. Модификация/ Машков Ю.К., Овчар З.Н., Суриков В.И., Калистратова Л.Ф. - М.:Машиностроение,2005. – 240 с.
8. Андриевский Р. А. Порошковое материаловедение / Р. А. Андриевский. - М.: Металлургия, 1991. - 205 с.
9. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов.-2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1982. – 288с.

Надійшла до редакції 11 лютого 2011 р.