



Міністерство освіти і науки України

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»*

Хіміко-технологічний факультет

**МАТЕРІАЛИ X МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
WEB-КОНФЕРЕНЦІЇ
«КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ»**



м. Київ, 2017

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Рекомендовано Вченою радою
Хіміко-технологічного факультету
(протокол № 4 від 24 квітня 2017 р.)



**МАТЕРІАЛИ Х МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
WEB-КОНФЕРЕНЦІЇ
«КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ»**

квітень 2017 р.

м. Київ

**СКЛАД РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ X МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
Web-КОНФЕРЕНЦІЇ «КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ»**

1. **Свідерський В.А.** **голова редакційної колегії**
д.т.н., проф., зав. кафедри хімічної технології
композиційних матеріалів,
2. Петухов А.Д. д.т.н., проф., професор кафедри хімічної технології
композиційних матеріалів
3. Черняк Л.П. д.т.н., проф., професор кафедри хімічної технології
композиційних матеріалів
4. Круглицька В.Я. д.т.н., проф., професор кафедри хімічної технології
композиційних матеріалів
5. Пашенко Є.О. д.т.н., проф., зав. відділом, інститут надтвердих
матеріалів НАНУ ім. В.Н. Бакуля
6. Микульонок І.О. д.т.н., проф., професор кафедри хімічного,
полімерного та силікатного машинобудування,
інженерно-хімічний факультет НТУУ «КПІ ім. Ігоря
Сікорського»
7. Токарчук В.В. к.т.н., доцент, доцент кафедри хімічної технології
композиційних матеріалів, заступник декана ХТФ
8. Глуховський І.В. к.т.н., доцент, доцент кафедри хімічної технології
композиційних матеріалів
9. Миронюк О.В. к.т.н., доцент кафедри хімічної технології
композиційних матеріалів
10. **Пахомова В.М.** **технічний секретар Секція 1**
асистент кафедри хімічної технології
композиційних матеріалів
11. **Мельник Л.І.** **технічний секретар Секція 2**
к.т.н., ст. викладач кафедри хімічної технології
композиційних матеріалів

В авторській редакції

Укладачі: Мельник Л.І., Пахомова В.М.

Дизайн обкладинки: Ліснічук І.Л.

Збірка матеріалів X Міжнародної науково-технічної WEB-конференції «Композиційні матеріали» (квітень 2017 р.). Укладачі: Мельник Л.І., Пахомова В.М. - 103 с.

Збірка містить матеріали доповідей, в яких висвітлюються сучасні проблеми в технології композиційних матеріалів, розглядаються методи, розробки, обладнання та впровадження нових технологічних рішень, фундаментальні проблеми створення нових композицій на основі неорганічних та полімерних матеріалів.

Наклав 50 примірників

© Усі права авторів захищені.

Використання матеріалів тільки з письмової згоди авторів, 2017.

Секція №1
КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛІЧНИХ
І СИЛІКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ
(МАТЕРІАЛИ, ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, ВИРОБИ)

1	Свідерський В.А., Черняк Л.П., Єангінова О.В., Дорогань Н.О., Alex Soroka	Компютерні розрахунки та аналіз низькотемпературних в'язучих матеріалів	9
2	Дашкова Т.С., Глуховський В.В., Глуховський І.В.	Стінові великорозмірні теплоізоляційні конструкції	14
3	Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Скрипник М.М.	Важкий бетон із використанням кам'яних відсівів	18
4	Мичка М.М., Дашкова Т.С.	Використання гідросилікату як відбілюючої добавки для декоративних композитів на основі портландцементу	21
5	Гамова О.А., Левадная С.В., Девятова Н.Б., Шабанова Г.Н., Ворожбян Р.М., Корогодская А.Н.	Физико-химические основы использования отработанных катализаторов в технологии цементов	24
6	Дашкова Т.С., Глуховский В.В., Глуховский И.В.	Микропористый газобетон низкой плотности	26
7	Сальник В.Г., Свідерський В.А., Нудченко Л.А.	Особливості генезису та характеристик каолінів	28
8	Чернега О.В., Чопенко Н.С., Пітак Я.М.	Визначення глин опішнянського родовища для художньо-побутових керамічних виробів великих розмірів за структурно- механічними властивостями	34
9	Дашкова Т.С., Глуховский В.В., Глуховский И.В.	Теплоизоляционные композиты на основе крупнотоннажных отходов металлургии	36
10	Goncharuk A.A., Lutai A.M., Nikitin E.E.	Influence of laser irradiation on cbn grains strength	41
11	Круглицька В.Я., Пахомова В.М., Федорович С.Р.	Регулювання властивостей золи винесення поверхнево-активними речовинами	44

12	Goncharuk A.A., Lutai A.M., Nikitin E.E.; Balickiy V.U.	Laser sintering of modified cbn grains	47
13	Питак Я.Н., Лисачук Г.В., Гребенюк А.П., Кораблева П.С.	Термодинамический анализ реакций в системе SrO – TiO ₂ – SiO ₂	51
14	Lutai A.M., Goncharuk A.A., Timoshenko V.A.	The influence of laser radiation on the stability of cubic boron nitride	52
15	Федоренко Д.О., Федорович В.О., Федоренко О.Ю., Рищенко М.І.	Створення керамоматричних алмазних кругів на базі концепції раціонального самогострювання інструменту при шлифуванні	56
16	Sviderskiy V.A., Luong Duc Long, Tokarchuk V.V., Fleisher H.U., Trus I.M.	The influence of chemical admixtures on the clinker storage life	57

Секція №2

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРІВ
(МАТЕРІАЛИ, ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, ВИРОБИ)

1	Пащенко Е.А., Лажевская О.В., Савченко Д.А., Черненко А.Н., Святченко А.А., Кучеренко К.В.	Синтез неорганических борфосфатных олигомеров для абразивных композитов	60
2	Баклан Д.В., Дудко В.А., Миرونюк О.В.	Визначення поверхневої енергії волокнистих наповнювачів	62
3	Свідерський В.А., Мельник Л.І.	Реологічні властивості системи поліорганосилоксан – графіт	64
4	Свидерский В.А., Петухов А.Д., Ведь Г.И., Шнырук О.М., Лисничук И.Л.	Формование рукавной пленки в условиях ориентационной кристаллизации	67
5	Nicolai T., Зайцев А.В., Мельник Л.І., Шнирук О.М.	Синтез амфіфільних блок-сополімерів	71

6	Ковальчук В.О., Ященко О.В., Барбаш В.А., Шнирук О.М.	Композиційні матеріали на основі наноцелюлози	75
7	Миронюк О. В., Дудко В. А., Баклан Д. В.	Прогнозування впливу добавок на міцність композиційних матеріалів на основі вуглецевого волокна за допомогою методу Оуенса-Вендта	77
8	Тьортих Т.С., Шнирук О.М., Ліснічук І.Л., Петухов А.Д.	Вплив концентрації наповнювача на допустимі напруги при розриві в композиції поліетилену та деревного борошна	80
9	Vytvytskyi V., Mikulionok I., Sokolskyi O.	The pressure and temperature influence on friction of the granular polymeric materials on the metal surfaces	82
10	Свідерський В.А., Петухов А.Д.	Кристалізаційна орієнтація і коефіцієнт корисної дії полімерів	87
11	Nicol E., Benyahia L., Nicolai T., Puaud F., Zaitsev A., Rudenko I., Melnyk L.	Gelling of amphiphilic block copolymers	90
12	Лажевская О.В., Савченко Д.А., Пащенко Е.А., Нековаль Н.Е., Головчук С.А., Бычихин Б.Н., Черненко А.Н., Корнута А.Ю., Ивашенко А.Г.	Синтез олигомеров для получения полимеров с эффектом самоармирования	94
13	Осауленко К.В., Пахомова В.М.	Вологостійкі кремнійорганічні покриття для захисту паперу	97
	Дорогань Н.О., Сікорський О.О., Миронюк О.В., Черняк Л.П., Свідерський В.А.	Оптична та електронна мікроскопія гранулометричного складу	99
Алфавітний показник			103

СЕКЦІЯ №1
КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛІЧНИХ
І СИЛІКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ
(МАТЕРІАЛИ, ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, ВИРОБИ)

В.А. СВИДЕРСЬКИЙ¹, д.т.н., професор; Л.П. ЧЕРНЯК¹, д.т.н., професор;
О.В. САНГІНОВА¹, к.т.н., доцент; Н.О. ДОРОГАНЬ¹, к.т.н.; ALEX SOROKA²

1 Національний технічний університет України "КПІ ім. І. Сікорського", Україна, Київ

2 «Nulogx Inc», Canada, Toronto

КОМПЮТЕРНІ РОЗРАХУНКИ ТА АНАЛІЗ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Наведено дані про створення нової комп'ютерної програми "РоманЦем" для оперативного визначення складу сировинних сумішей для виготовлення мінеральних в'язучих типу романцементу. Показано результати практичного застосування нової програми для розробки та аналізу в'язучого матеріалу.

Ключові слова: романцемент, технологія, суміш сировинна, розрахунки комп'ютерні, аналіз, склад, властивості.

Вступ

Технологія виробництва мінеральних в'язучих матеріалів пов'язана з використанням значних обсягів карбонатної та глинистої сировини природного і техногенного походження [1-3].

Виробництво найбільш поширеного мінерального в'язучого – портландцементу характеризується значними енергетичними витратами при високотемпературному випалі (понад 1400⁰С) клінкеру та його помелі з добавками до високодисперсного стану. Сучасні вимоги ресурсозбереження підвищують актуальність виробництва гідравлічних мінеральних в'язучих низькотемпературного випалу (900-1200⁰С) типу романцементу, що може стати в ряді будівельних робіт заміном більш енергоємного і вартісного портландцементу [4,5].

Тривалий час технологія виготовлення мінерального в'язучого типу романцементу базується, головним чином, на застосуванні одного різновиду сировини – мергелю, розповсюдження якого є обмеженим [6,7]. Розширення різновидів потенційної сировини природного та техногенного походження визначає необхідність вдосконалення методики визначення та оптимізації складу полікомпонентних сумішей для виготовлення гідравлічного мінерального в'язучого низькотемпературного випалу із застосуванням комп'ютерних розрахунків [8-10], в напрямку чого виконана подана робота.

1. Принцип рішення задачі

У хімічній технології мінеральних в'язучих як основний компонент використовують сировину з високим вмістом СаО (мергель, вапняк, крейда), до яких додають компоненти з підвищеним вмістом SiO₂ і Al₂O₃ (глина, каолін) та оксидів заліза (піритні недопалки, червоний шлам).

Склад мінерального в'язучого типу романцемент розраховують за заданим значенням гідравлічного модуля **НМ**, що характеризує співвідношення між найважливішими оксидами за формулою:

$$HM = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

Значення гідравлічного модуля романцементу може коливатись у межах: **HM = 1,10-1,70**.

Принцип оперативної оптимізації рішення задачі на основі програмного забезпечення зводиться до наступного:

1. Вводяться табличні дані з низкою хімічних складів ймовірних сировинних компонентів.

2. Задається значення гідравлічного модулю **HM**.

3. За прийнятою формулою розрахунку визначаються всі поєднання по два або три компоненти, які забезпечують задані значення **HM**. Таким чином при будь-якій достатньо великій сировинній базі можна оперативно визначити раціональні співвідношення компонентів у вихідній сировинній суміші.

2. Опис комп'ютерної програми

Рішення поставленої задачі здійснюється програмою **РоманЦем**, яка написана на мові програмування **C #**. Вона може виконуватися на будь-якому ПК під управлінням операційної системи **Windows**, версії NT і пізніших.

Хімічний склад будь-якого числа потенційної сировини як вихідні дані розміщуються у файлі **Components.txt**, формату **CSV**. Він може бути сформований і відкоректований будь-яким текстовим редактором або із застосуванням **Excel**.

Програма виконує розрахунок у варіантах 2- або 3- компонентної суміші. Вибір варіанту здійснюється користувачем після виклику програми в інтерактивному режимі через вікно на моніторі (рис. 1).

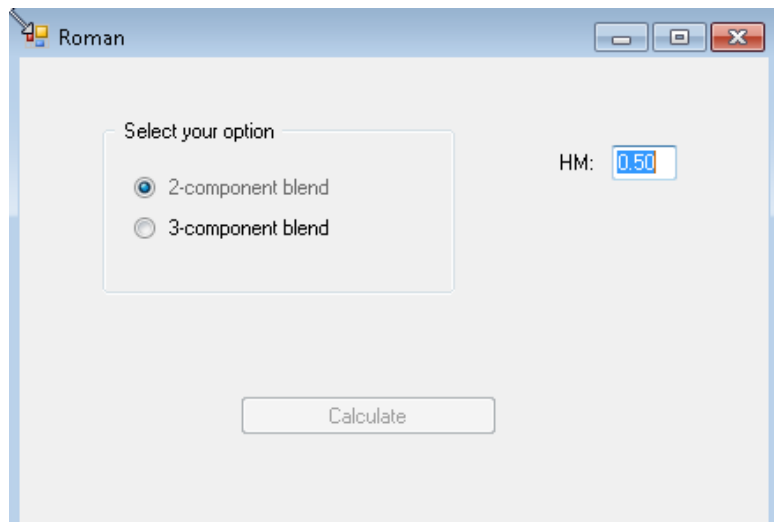


Рис. 1. Інтерактивне вікно на моніторі ПК.

Після вибору варіанта розрахунку користувачеві надається можливість ввести заданий параметр розрахунку - число **HM**, далі потрібно натиснути клавішу **<Enter>**.

Якщо число введено вірно, кнопка **Calculate** стає доступною, її натискання ініціює розрахунок варіанту. Програма інформує користувача про завершення розрахунку, висвічуючи вікно з повідомленням **Done**.

У результаті розрахунку програма формує вихідний текстовий файл, що містить склад можливих сировинних сумішей (мас. % компонентів), хімічний склад суміші та в'язучого з неї (мас. % оксидів), відповідне число **НМ**. Назва файлу інформує про те, результати якого розрахунку він містить.

Встановлено, що за даною методикою за допомогою **ПК** вдається визначати 2- та 3-компонентні варіанти сумішей для виготовлення мінерального в'язучого з рівними заданими характеристиками. При цьому час розрахунку практично не залежить від вихідного числа можливих сировинних матеріалів.

Точність одержуваних результатів залежить виключно від величини похибки вихідних даних, що вводяться в **ПК**, тобто від точності визначення хімічного складу можливих сировинних матеріалів.

3. Практичне використання програми «РоманЦем»

Розроблена програма «РоманЦем» пройшла налагодження і використовується для кількісного визначення складу сировинних сумішей мінерального в'язучого низькотемпературного випалу з нелімітованого числа можливих вихідних матеріалів. При цьому операційна швидкість розрахунків дозволяє отримати значний обсяг аналітичної інформації.

Так, визначено склад і проведено аналіз сумішей для отримання мінерального в'язучого з підвищеною білизною на основі крейди Здолбунівського родовища Рівненської області з гідроксидом алюмінію та аеросилом як кремнезем- і алюмовмісними компонентами.

На основі проведених комп'ютерних розрахунків встановлено, що у заданому інтервалі $НМ=1,1-1,7$ необхідні кількісні співвідношення компонентів досліджуваної системи суттєво залежать від числа гідравлічного модулю, при цьому між вмістом гідроксиду алюмінію та аеросилу існує обернено пропорційна залежність (рис.2).

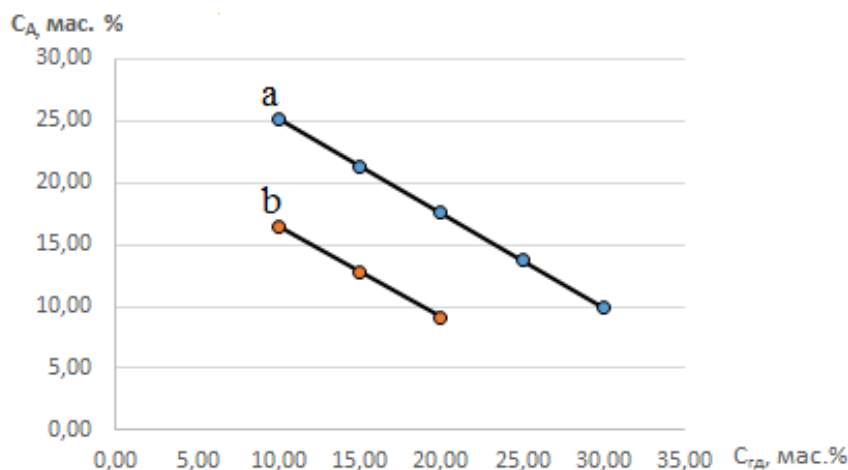


Рис. 2. Залежність концентрації аеросилу (C_a) від вмісту гідроксиду алюмінію ($C_{гд}$) у суміші на основі крейди при $НМ=1,1$ (а) і $НМ=1,7$ (б)

З точки зору на поставлену мету досліджень важливо, що хімічний склад досліджуваних сумішей відзначається низькою кількістю барвних оксидів заліза і титану на рівні 0,10-0,15 мас. %, що відповідно обумовлює підвищену білизну матеріалу після випалу.

Проби в'яжучого з досліджуваних сумішей при приблизно однаковому якісному фазовому складі характеризуються відмінностями у ступені розвитку кристалічних фаз. Після випалу на максимальну температуру 1100 °С за інтенсивністю характерних рефлексів матеріал з суміші К5 при кількісному співвідношенні гідроксиду алюмінію та аеросилу 2 : 1 відрізняється від матеріалу з суміші К4 при кількісному співвідношенні гідроксиду алюмінію та аеросилу 1 : 1,6 суттєво більшим розвитком кристалічних фаз C_2S і алюмінатів кальцію типу CA_2 і $C_{12}A_7$ (рис. 3).

Тестування технологічних властивостей мінерального в'яжучого на основі досліджуваної системи показало суттєві відмінності, що залежать від числа гідравлічного модуля та кількісного співвідношення компонентів. Згідно класифікації ДСТУ Б В.27-91-99 [11] за швидкістю тужавлення проба К4 відноситься до групи надшвидкотужавіючих (термін початку не пізніше 15 хв.), проба К5 - до групи швидкотужавіючих (термін початку від 15 до 45 хв.). При цьому загальний час тужавлення проби К5 у порівнянні з К4 є суттєво більшим – 105 проти 60 хвилин. Загалом, це відповідає уявленням про те, що процес тужавлення в'яжучого типу романцементу проходить швидше за портландцемент.

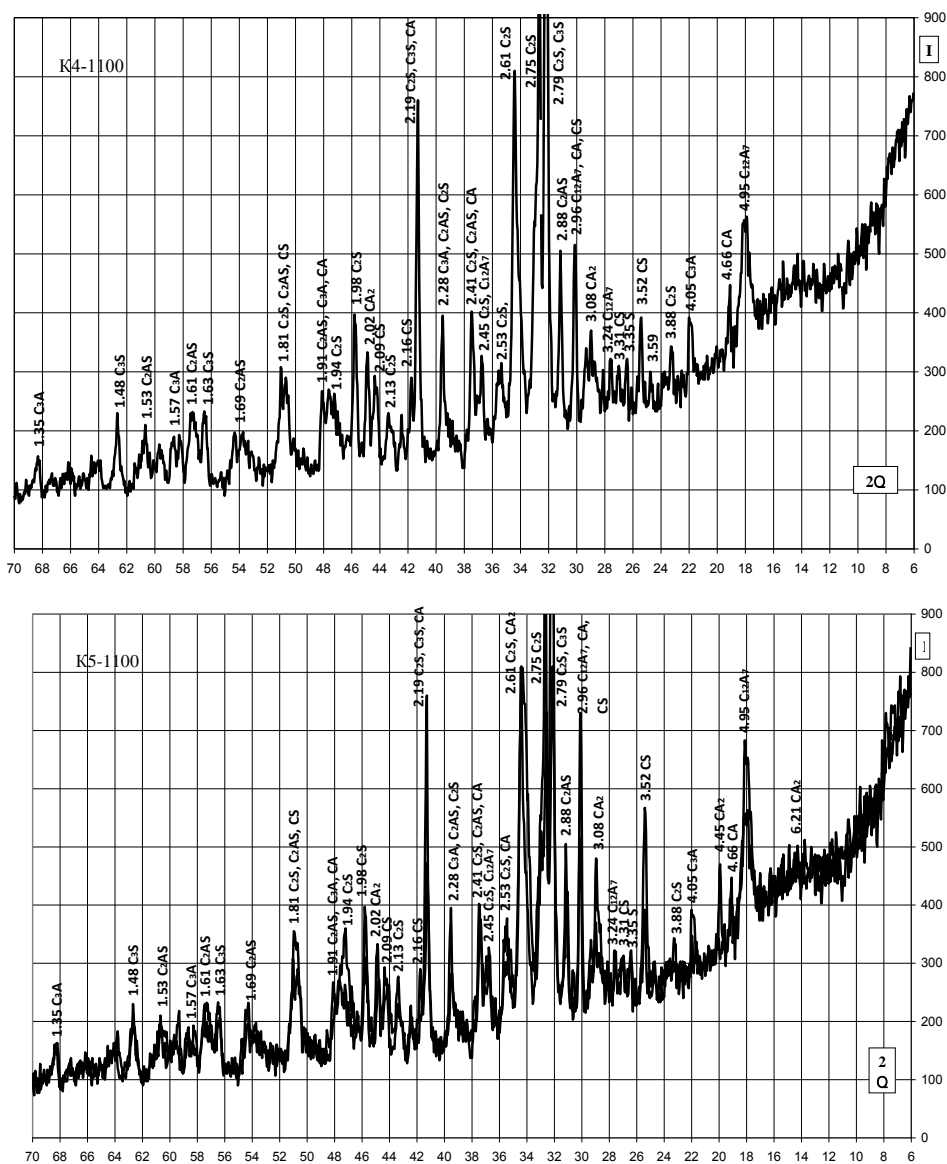


Рис. 3. Дифрактограми проб в'яжучого після випалу на 1100 °С.

Висновки

1. Визначення складу сировинної суміші із застосуванням створеної комп'ютерної програми «РоманЦем» доцільне для оптимізації технологічних параметрів і підвищення техніко-економічної ефективності виробництва мінеральних в'язучих матеріалів низькотемпературного випалу.

2. Створена програма «РоманЦем» може бути використана фахівцями промисловості будівельних матеріалів, виробничих, науково - дослідних і проектних організацій, що працюють в галузі хімічної технології силікатів, викладачами та студентами вищих навчальних закладів за спеціальністю "Хімічні технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів".

Список використаних джерел:

1. Технология вяжущих веществ. Под общ. ред. Юнга В.Н. / А.Н. Боков, Ю.М. Бутт, В.К. Дейнека, С.Д.Окороков, В.Н. Юнг– М.: Госстройиздат, 1947. – 327 с.
2. Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев - М.: Высшая школа, 1980. - 460 с.
3. Duda Walter H. Cement Data Book, Volume 3: Raw Material for Cement Production - French & European Pubns, 1988. – 188 p.
4. Шельонг Г. Романцемент – в'язуче для опоряджувальних робіт в будівництві / Г. Шельонг, М.А. Саницький, Т.П. Кропивницька, Р.М. Котів // Строительные материалы и изделия. – К. – 2012. - № 1 (72). – С. 7-12.
5. Klisińska-Kopacz Anna. The Effect of Composition of Roman Cement Repair Mortars on Their Salt Crystallization Resistance and Adhesion / Anna Klisińska-Kopacz - Procedia Engineering – 2013. – V. 57. - pp. 565-571.
6. Пащенко А. А. Вяжущие материалы / А. А.Пащенко, В. П.Сербии, В. А. Старчевская – К.: Вища школа, 1985. - 440 с.
7. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1986.- 463 с.
8. Комп'ютерна програма «КЛІНКЕР» / Свідерський В.А., Черняк Л.П., Дорогань Н.О.; заявник НТУ України «КП». - дата реєстрації 30.05.2013.
9. Свідерський В.А. Програмне забезпечення технології портландцементу / В.А. Свідерський, Л.П.Черняк, Н.О. Дорогань, А.С.Сорока // Строительные материалы и изделия. – К. – 2014. - № 1 (84). – С. 16-17.
10. Свідерський В.А. Програмне забезпечення технології низькотемпературних в'язучих матеріалів / В.А. Свідерський, Л.П.Черняк, О.В. Сангінова, Н.О. Дорогань, М.Ю. Цибенко // Строительные материалы и изделия. – К. – 2017. - № 1-2 (93). – С. 22-24.
11. ДСТУ Б В.2.7-91-99. В'язучі мінеральні. Класифікація. – Введ. 01.03.1999. – К.: Держбуд України, 1999. – 26 с.

Т.С. ДАШКОВА; В.В. ГЛУХОВСЬКИЙ, к.т.н., доцент;
І.В. ГЛУХОВСЬКИЙ, к.т.н., доцент

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, Київ

СТІНОВІ ВЕЛИКОРОЗМІРНІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ КОНСТРУКЦІЇ

Представлені результати дослідження експлуатаційних характеристик високоміцних ніздрюватих композицій нормального тверднення та склофібробетонних армуючих елементів. Розроблена та розрахована конструкція великорозмірного стінового елемента на основі ніздрюватого бетону.

Представлены результаты исследования эксплуатационных характеристик высокопрочных ячеистых композиций нормального твердения и стеклофибробетонных армирующих элементов. Разработана и рассчитана конструкция крупноразмерного стенового элемента на основе ячеистого бетона.

The results of a study of the performance characteristics of high-strength honeycomb compositions of normal hardening and glass fiber-reinforced concrete reinforcing elements are presented. The design of a large-sized wall element based on cellular concrete was developed and designed.

Ключові слова: ніздрюватий бетон, лужне в'язуче, склофібробетон, стінова панель.

Ефективність будівельного виробництва забезпечується не тільки при використанні ефективних будівельних матеріалів, а і завдяки використанню ефективних будівельних технологій, що передбачає суттєве скорочення термінів зведення будівель. На сучасному етапі розвитку будівельна галузь відмовилась від використання крупних огорожуючих конструкцій у вигляді стінових панелей які широко використовувалися у 70 – 80 роках минулого століття та забезпечували високу швидкість виконання будівельно-монтажних робіт. Основною причиною відмови від використання крупних стінових огорожуючих конструкцій є їх незадовільні теплотехнічні характеристики, які не в змозі забезпечити виконання вимог щодо теплової ізоляції будівель.

Сучасні промислові виробництва автоклавного ніздрюватого бетону поставляють на ринок стінові дрібні блоки хоча, і самою технологією, і діючими технічними та нормативними документами [1, 2] передбачена можливість виробництва крупних армованих конструкційних елементів з ніздрюватого бетону. Відсутність на ринку цього виду виробів з ніздрюватих бетонів пояснюється тим, що, на відміну від стінових панелей на основі важких бетонів, довговічність армуючого каркасу яких забезпечується лужним середовищем щільного цементного каменю та захисним шаром конструкційного елемента, при використанні в якості базового матеріалу ніздрюватого бетону, армуючий каркас повинен бути захищений спеціальними покриттями [1], що суттєво ускладнює технологію та знижує рентабельність виробництва таких виробів. Заміна металевого арматурного каркасу на аналогічні вироби, що не потребують нанесення захисних покриттів [3] дозволяла вирішити вказану проблему, але зараз роботи в цьому напрямі не проводяться.

Використання при виробництві ніздрюватих бетонів технології яка не передбачає використання високотемпературних процесів дозволяє запропонувати для сприйняття

розтягуючих навантажень, які виникають у виробках великого розміру в процесі їх виготовлення та транспортування, склофібробетонні композиційні елементи.

Властивості склоцементних композиційних матеріалів залежать від виду в'язучого, його марки, водоцементного відношення, густини цементної матриці, виду волокна, його орієнтації і рівномірності розподілу в об'ємі, технології виробництва та умов експлуатації.

Мета досліджень – визначення експлуатаційних характеристик склоцементних композицій, що твердіють у нормальних умовах та встановлення, розрахунковим шляхом, можливості виготовлення ніздрюватих стінових елементів, армованих скловолокнистою арматурою.

Для реалізації мети досліджень були використані попередні дослідження авторів з розробки технології виготовлення ніздрюватих бетонів, які твердіють у нормальних умовах. Основні фізико-механічні характеристики таких бетонів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Фізико-механічні характеристики ніздрюватих бетонів нормального тверднення

Марка бетону за середньою густиною	Максимальне значення класу бетону за міцністю при стиску (марка) за ДСТУ Б В.2.7-45 для неавтоклавного бетону	Міцність при стиску, МПа, ніздрюватого бетону нормального твердіння у віці		
		7 діб	28 діб	360 діб
на основі портландцементу				
Д600	В 2 (М25)	3,4	3,8	4,1
Д700	В 2,5 (М35)	5,2	5,6	5,9
Д800	В 3,5 (М50)	6,9	7,7	8,1
на основі шлаколужного в'язучого				
Д500	В 1 (М15)	3,3	4,1	5,2
Д600	В 2 (М25)	3,6	4,5	5,5
Д700	В 2,5 (М35)	5,4	6,3	6,8

При вивченні процесів формування структури склоцементних композицій використовувалися композиції на основі портландцементу та на основі лужного в'язучого. В якості армуючого компоненту використовувалися скляні волокна алюмоборосилікатного складу. Кінетика зміни в часі рівня міцності склоцементних композицій наведена на рисунку 1.

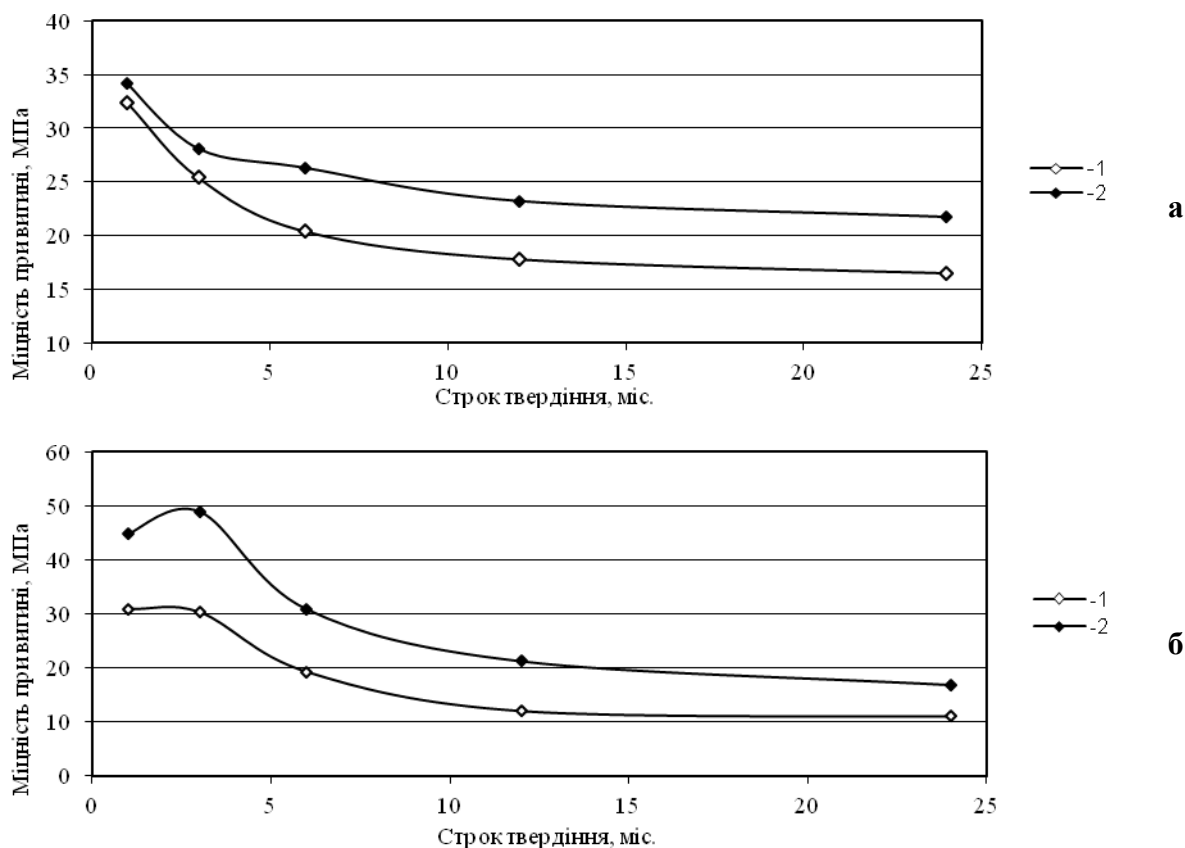


Рис. 1. Кінетика зміни міцності при вигині склоцементних композицій на основі портландцементу (а) і лужного в'язучого (б) і незахищеного (1) та захищеного (2) волокна алюмоборосилікатного складу.

За результатами досліджень було встановлено, що рівні міцності склоцементних композицій відповідають вимога до значень нормативних та розрахункових показників міцності склоцементних композицій, які рекомендовано для розрахунку панелей з комбінованим армуванням, значення яких наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Нормативні (R_{gctn}) та розрахункові (R_{gct}) значення опору при розтягненні, МПа, та значення початкового модулю пружності, МПа.

Марка армуючого компоненту	Значення опору при розтягненні одного шару склоцементної композиції				Початковий модуль пружності при розтягненні (E_{gc})
	нормативне (R_{gctn}) при твердінні		розрахункове (R_{gct}) при твердінні		
	нормальні умови	пропарювання	нормальні умови	пропарювання	
РБР 10-2400	4,85	3,45	3,20	2,30	31
РБР 13-2640	5,05	3,60	3,40	2,40	34

Розрахунок панелі було виконано з урахуванням наступних положень:

- під дією технологічних навантажень, які виникають при розпалублюванні, транспортуванні та монтажу, панель сприймає навантаження при вигині;

- оскільки, у відповідності до вимог нормативних документів, у бетоні конструкцій, які поставляються замовнику, наявність тріщин не допускається, у зв'язку з чим в панелях, що армовані скловолокном не допускається утворення тріщин під дією технологічних навантажень.

- при частковому або повному заміні сталевої арматури скловолокном, яка призначена для сприйняття технологічних навантажень, виріб вважається комбіновано армованим, тому розрахунок комбіновано армованих виробів здійснюється без урахування впливу сталевої арматури.

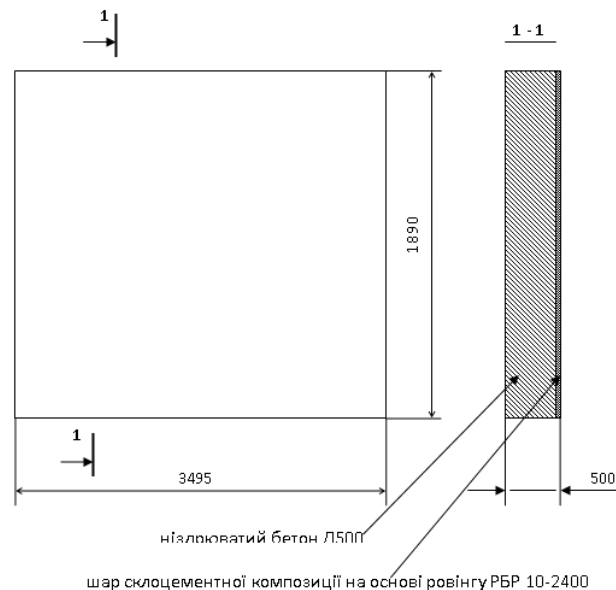


Рис. 2. Конструкція стінової панелі з ніздрюватого бетону з технологічним армуванням на основі скляного ровінгу РБР 10-2400.

Виконані результати розрахунку стінової панелі на основі ніздрюватого бетону з технологічним армуванням (рисунок 2) вказують на те, що напруження, які виникають в конструкції від технологічних навантажень, суттєво нижчі, ніж значення нормативних характеристик склоцементних композицій, що використані в якості технологічної арматури.

Список використаних джерел:

1. СН 277-80 Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона.
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов (к СНиП 2.03.01 – 84). – М.: Стройиздат, 1985. – 72 с.
3. Пащенко А.А., Сербин В.П., Глуховский В.В., Михайлишина Н.З. Ячеистобетонные изделия со стеклянной арматурой. Вестник КПИ. Химическое машиностроение и технологии. Вып. 28. – Киев. 1991. С.60 – 61.

Л.Й. ДВОРКІН, д.т.н., професор; В.В. ЖИТКОВСЬКИЙ, к.т.н., доцент,
М.М. СКРИПНИК

Національний університет водного господарства та природокористування,
Україна, Рівне

ВАЖКИЙ БЕТОН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КАМ'ЯНИХ ВІДСІВІВ

У статті наведені дослідження можливості ефективної заміни частини будівельного піску на відсіві каменеподрібнення із застосуванням суперпластифікуючих добавок, що дозволяють нівелювати негативний вплив пилюватої фракції на водопотребу бетонної суміші та водовідділення.

В статье приведены исследования о возможности эффективной замены части строительного песка на отсеvy каменедробления с применением суперпластифицирующих добавок, что позволяет нивелировать негативное влияние пылевидной фракции на водопотребность бетонной смеси и водоотделения.

The article contains studies on the possibility of effective replacement of a part of construction sand for screening with the use of superplasticizing additives, which allows to neutralize the negative influence of the pulverized fraction on the water demand of the concrete mixture and water separation.

Ключові слова: кам'яні відсіві, водопотреба, водовідділення.

Одним з можливих напрямків використання кам'яних відсівів є застосування їх як дрібного заповнювача важких бетонів. Але наявний у відсівах значний вміст пилюватої фракції, а також непостійність їх складу призводить до погіршення властивостей бетонної суміші і суттєвого збільшення водопотреби і при цьому зниження міцності бетону або перевитрати цементу.

Метою даної роботи було визначення ефективності відсівів як дрібного заповнювача бетону при корекції їх зернового складу і введення в бетонну суміш добавки суперпластифікатора.

В дослідженнях застосовували наступні матеріали: відсіві подрібнення граніту ($M_{кр}=3,24$, вміст частинок менше 0,16 мм - 15,1%), пісок будівельний ($M_{кр}=1,89$), щебінь гранітний (фракція 5...20 мм). Рухомість бетонної суміші у всіх точках плану підтримувалась в межах $OK=15...18$ см. Досягнення заданої рухомості здійснювалося шляхом додавання суперпластифікатор анафталінформальдегідного типу СП-1. Для отриманої бетонної суміші визначалось розчинувідділення. За зразками-кубами $10 \times 10 \times 10$ мм визначали міцність при стиску у віці 7 та 28 діб.

Для визначення можливості використання гранітного відсіву як дрібного заповнювача важкого бетону замість природного піску було проведено планований експеримент для трьох факторів за планом B_3 [1] (умови планування експерименту наведені у табл. 1).

Таблиця 1 - Умови планування експерименту

№	Фактори		Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	Натуральні	Кодовані	-1	0	1	
1	Водоцементне відношення (В/Ц)	X_1	0,35	0,4	0,45	0,05
2	Частка відсіву (n_b), % від маси дрібного заповнювача	X_2	0	50	100	50
3	Частка дрібного заповнювача в суміші заповнювачів (r), %	X_3	30	45	60	15

В результаті статистичного аналізу експериментальних даних отримані адекватні з довірчою ймовірністю 95% рівняння регресії вихідних параметрів необхідної кількості суперпластифікатора, % для забезпечення заданої рухомості бетонної суміші ($СП$), розчиновідділення бетонної суміші (P) та міцності бетону через 7 (f_c^7) та 28 діб (f_c^{28}):

$$СП = 0,62 - 0,04x_1 + 0,15x_2 + 0,06x_3 + 0,037x_1^2 + 0,187x_2^2 + 0,037x_3^2 + 0,075x_1x_2 - 0,025x_2x_3 \quad (1)$$

$$P = 2,69 - 0,79x_1 + 0,56x_2 - 1,16x_3 + 0,68x_1^2 - 0,46x_2^2 + 0,22x_3^2 + 0,19x_1x_2 + 0,053x_1x_3 - 0,31x_2x_3 \quad (2)$$

$$f_c^7 = 38,74 - 2,48\bar{\sigma}_1 - 1,39\bar{\sigma}_2 - 5,18\bar{\sigma}_3 + 3,28\bar{\sigma}_1^2 - 0,6\bar{\sigma}_2^2 + 0,6\bar{\sigma}_3^2 + 4,2\bar{\sigma}_1\bar{\sigma}_2 + 0,11\bar{\sigma}_1\bar{\sigma}_3 + 1,06\bar{\sigma}_2\bar{\sigma}_3 \quad (3)$$

$$f_c^{28} = 41,34 - 11,41x_1 - 2,1x_2 - 3,9x_3 + 6,22x_1^2 - 2,34x_2^2 + 0,18x_3^2 + 2,22x_1x_2 + 1,9x_1x_3 + 2,67x_2x_3 \quad (4)$$

Зміну водопотреби бетонної суміші оцінювали опосередковано за рівнянням (1), що відображає вплив досліджуваних факторів на кількість суперпластифікатора. Наявність добавки суперпластифікатора в бетонній суміші, що містить відсів дозволяє забезпечити необхідну рухомість без збільшення водопотреби і відповідно без зниження міцності бетону (рівняння 1). Максимальне підвищення водопотреби, як і слід було очікувати, спричиняє фактор X_2 (заміна кондиційного піску гранітними відсівами), – внаслідок підвищеного вмісту частинок <0,16 мм у відсівах. Також суттєво підвищується необхідний вміст суперпластифікатора і через підвищення частки піску у суміші заповнювачів (фактор X_3) більш ніж 30...40%. Результати досліджень представлені на рис. 1...2.

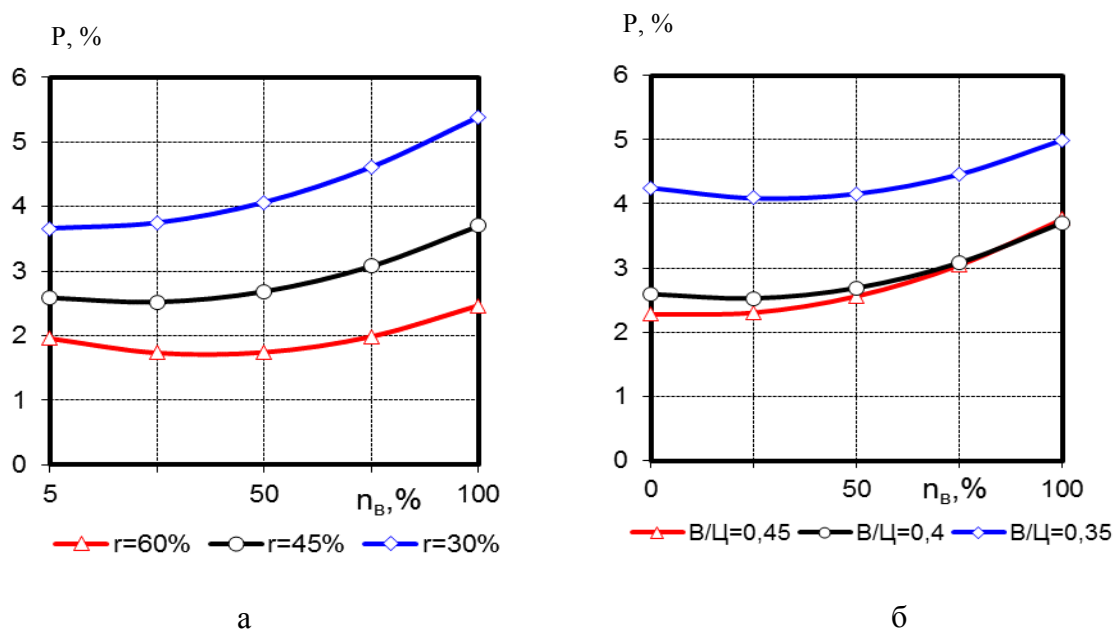


Рис. 1. Вплив технологічних факторів на розшарування бетонної суміші:
 а – вплив частки відсіву та частки дрібного заповнювача в суміші заповнювачів;
 б – вплив водоцементного відношення та частки відсіву.

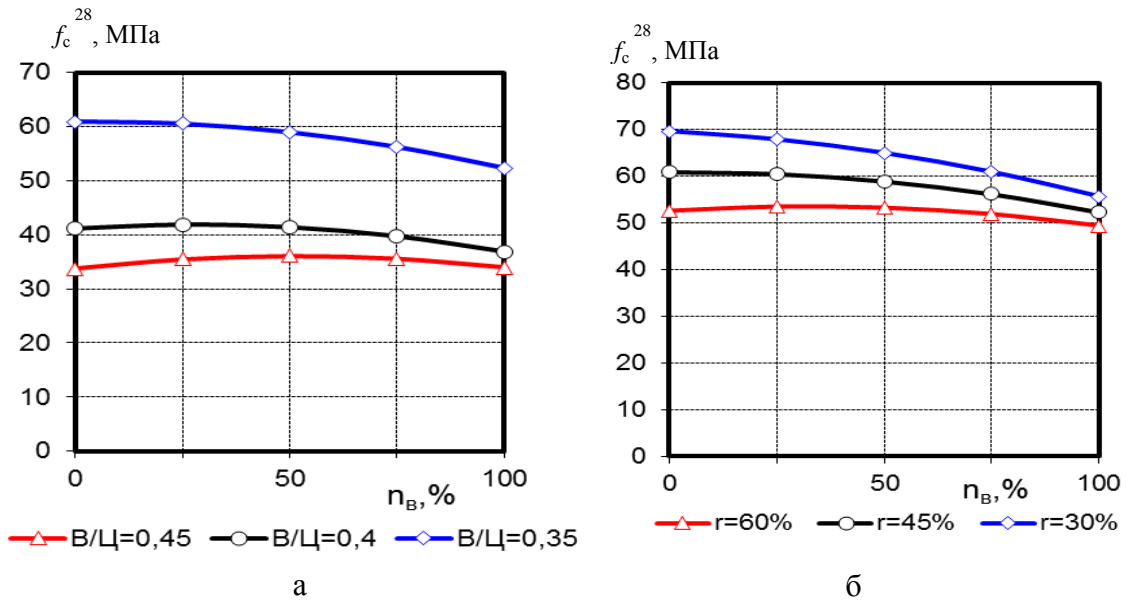


Рис. 2. Вплив технологічних факторів на міцність бетону на стиск у віці 28 діб:
 а – вплив водоцементного відношення та частки відсіву;
 б – вплив частки відсіву та частки дрібного заповнювача в суміші заповнювачів.

Підвищення В/Ц (фактор X_1) викликає незначне збільшення водопотреби бетонної суміші, що є помітним лише поза межами правила постійності водопотреби [2]. Підвищена пористість та значний вміст голчатих зерен у відсівах є причиною розшарування бетонної суміші, що спостерігалось через визначення її розчиновідділення (рівняння (2)). Інші фактори (X_1 та X_3) сприяють суттєвому зниженню розчиновідділення і підвищенню однорідності бетонної суміші. Розчиновідділення, викликане підвищеним вмістом відсівів (фактор X_2) компенсується за рахунок взаємодії з іншими факторами: при підвищенні частки піску у суміші заповнювачів та зниженні В/Ц неоднорідність бетонної суміші, що була спричинена присутністю відсівів стає непомітною внаслідок підвищення об'єму цементно-піщаного розчину. Як видно з рис. 2 коректування відсіву піском в певних межах позитивно відображається на міцності бетону.

Міцність бетону у віці 28 діб знаходилась у межах 32...55 МПа, що в основному відповідає міцності важких бетонів у досліджуваному діапазоні В/Ц (X_1) та, відповідно, правилу В/Ц [2]. Інші фактори також викликають зміну міцності бетону, причому за величиною ефекту їх можна розмістити наступним чином: максимальна зміна міцності (25...28%) – фактор X_3 (частка піску), далі – (10...15%) – фактор X_2 (частка відсівів у суміші з піском). Для усіх факторів у моделях міцності (3,4), характерна наявність позитивних коефіцієнтів взаємодії, що свідчить про зниження негативного впливу на міцність при зміні факторів в одному напрямку (рис. 2). Негативний вплив кількості відсівів на міцність помітний, у випадку, коли частка дрібного заповнювача мінімальна. У такому випадку заповнювач має підвищену пористість, що і викликає зниження міцності. Це співпадає з максимальним розшаруванням бетонної суміші. Підвищення частки дрібного заповнювача (r) дає можливість вводити значно більшу кількість відсівів без зниження міцності: при $r=45\%$ – 35...45%, при $r=60\%$ – до 70%. При цьому отримується бетонна суміш без наявних ознак розшарування, що підтверджується аналізом відповідної моделі. Оптимальне співвідношення між відсівами та іншими

заповнювачами з позиції досягнення максимальної міцності бетону та однорідності бетонної суміші за рівняннями (1) та (4) добре корелює з оптимальними співвідношеннями, відповідно до вимог нормативних документів.

Висновки. Коректування гранітного відсіву піском і застосування добавки суперпластифікатора дозволяють суттєво підвищити ефективність відсівів як дрібного заповнювача для важкого бетону.

Список використаних джерел:

1. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Житковський В.В. Розв'язування будівельно-технологічних задач метода математичного планування експерименту: Навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2011. – 175 с.

2. Барвинок Г.М., Сычев М.М., Касабян СР. О роли «наполнителя» в формировании свойств композиций связка-наполнитель// ЖПХ. - №1. -1983. - С.207-210.

УДК 666.965

М.М. МИЧКА; Т.С. ДАШКОВА

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, Київ

**ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОСИЛКАТУ ЯК ВІДБІЛЮЮЧОЇ ДОБАВКИ ДЛЯ
ДЕКОРАТИВНИХ КОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ**

Представлена можливість використання штучно синтезованих гідросилікатів кальцію як відбілюючої, активної мінеральної добавки для традиційного портландцементу. За результатами дослідження встановлено, ступінь білизни композицій на основі портландцементу може бути суттєво збільшена при використанні гідросилікату кальцію як відбілюючої добавки.

Представлена возможность использования искусственно синтезированных гидросиликатов кальция в качестве отбеливающей, активной минеральной добавки для традиционного портландцемента. По результатам исследования установлено, что степень белизны композиций на основе портландцемента может быть существенно увеличена при использовании гидросиликата кальция как отбеливающей добавки.

The possibility of using artificially synthesized calcium hydrosilicates as a bleaching active mineral additive for traditional portlandcement is presented. According to the results of the study, it was found that the degree of whiteness of Portland cement compositions can be significantly increased by using calcium hydrosilicate as a bleaching additive.

Ключові слова: гідросилікати кальцію, відбілююча активна мінеральна добавка, портландцемент

Виготовлення кольорових композицій на основі традиційного цементу передбачає використання відбілюючих добавок з наступним використанням кольорових пігментів. Але, відбілюючі добавки, в якості яких використовуються оксид титану, вапняк, збагачений каолін, виконують роль наповнювачів у складі портландцементної композиції та суттєво знижують її міцність. Тому кількість таких відбілюючих добавок обмежена та не дозволяє суттєво підвищити ступінь білизни композиції.

Метою досліджень, результати яких наведено нижче, було встановлення можливості використання в якості відбілюючої добавки до традиційного портландцементу гідросилікатів кальцію як активної мінеральної добавки.

Основними задачами дослідження були:

- синтез та дослідження основних властивостей гідросилікату кальцію;
- визначення впливу добавки гідросилікату кальцію на міцність композиції;
- визначення впливу добавки гідросилікату кальцію на ступінь білизни композиції.

Синтез гідросилікату кальцію проводився в автоклаві попередньо приготованої суміші меленого кварцового піску та гашеного вапна при масовому співвідношенні 1:1, при $V/T = 4$, при температурі 175°C та тиску $0,8\text{ МПа}$.

Порівняння результатів визначення ступеня білизни зразків методом вимірювання коефіцієнта білизни наведено на рисунку 1. Еталону відповідає значення 94%, найбільш близький до нього результат демонструє гідросилікат кальцію зі ступенем білизни в 90%, ступінь білизни збагаченого каоліну – 87 %.

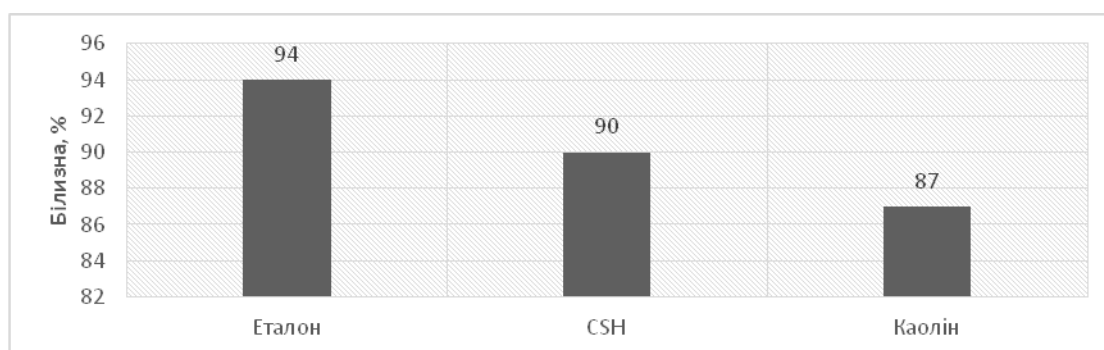


Рис. 1. Порівняння ступеня білизни гідросилікату кальцію з еталоном та каоліном.

Результати визначення впливу добавки гідросилікату кальцію на міцність композицій на основі портландцементу наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Вплив гідросилікату кальцію на міцність цементного каменю

Кількість гідросилікату, мас. %	В/Ц ТНГ, %	Міцність при стиску, МПа, у віці		
		3 доби	7 діб	28 діб
0	29	21,8	24,6	34,3
5	31	33,5	31,2	54,3
10	38	23,3	30,4	48,2
15	42	19,3	29,3	28,8
25	52	6,6	15,0	21,8
50	75	1,1	2,6	4,7

З отриманих даних видно, що чистий цементний камінь у віці 28 діб має міцність в середньому 34,3 МПа. При додаванні гідросилікату кальцію у кількості 5%, міцність цементного каменю зростає до 54,3 МПа, що на 20,0 МПа більше в порівнянні зі звичайним цементом без додавання гідросилікату. Із збільшенням кількості добавки до 10 мас.% міцність цементного каменю зменшується до 48,2 МПа, що перевищує міцність композиції без добавки на 14,0 МПа. При подальшому збільшенні кількості добавки до 15, 25 та 50 мас.% міцність композиції зменшується до 28,8, 21,8 та 4,7 МПа відповідно.

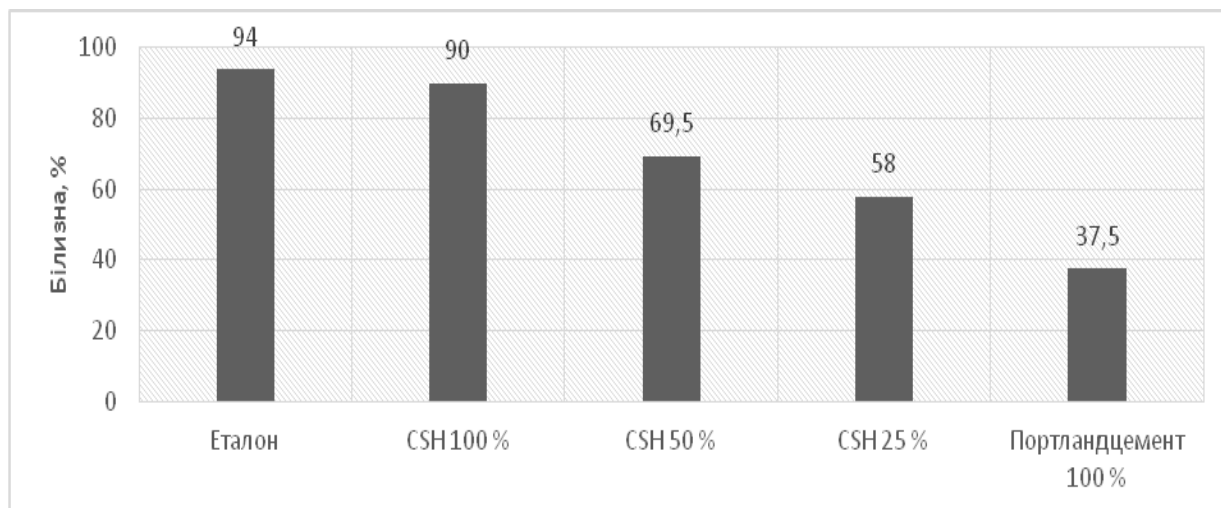


Рис. 2. Ступінь білизни композицій з добавкою гідросилікату.

Результати визначення ступеню білизні композицій з добавкою гідросилікату (рис. 2) вказують на те, що збільшення кількості добавки призводить до підвищення ступеню білизни композицій. При кількості добавки 25 мас. % ступінь білизни складає 58 %, при кількості добавки 50 мас. % - 69,5 %, при ступені білизни чистого гідросилікату – 90 %.

За результатами дослідження встановлено, що використання у якості відбілюючої добавки гідросилікату кальцію, ступінь білизни композицій на основі портландцементу може бути суттєво збільшена при незначному зменшенні міцності композиції.

О.А. ГАМОВА; С.В. ЛЕВАДНАЯ; Н.Б. ДЕВЯТОВА; Г.Н. ШАБАНОВА, д.т.н., профессор;
Р.М. ВОРОЖБИЯН, к.т.н.; А.Н. КОРОГОДСКАЯ д.т.н.

НТУ «ХПИ», Украина, Харьков

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В ТЕХНОЛОГИИ ЦЕМЕНТОВ

Представлено результати дослідження можливості використання відпрацьованих каталізаторів конверсії вуглеводнів у виробництві поліфункціональних в'язучих матеріалів. Показана термодинамічна можливість співіснування основних клінкерних мінералів глиноземного, барійалюмінатного та портландцементного клінкерів з вогнетривкими шпінельними сполуками.

Представлены результаты исследования возможности использования отработанных катализаторов конверсии углеводородов в производстве полифункциональных вяжущих материалов. Показана термодинамическая возможность сосуществования основных клинкерных минералов глиноземистого, барийалюминатного и портландцементного клинкеров с огнеупорными шпинельными соединениями.

The results of a study of the possibility of using spent catalysts for the conversion of hydrocarbons in the production of polyfunctional binders are presented. The thermodynamic possibility of the coexistence of basic clinker minerals of alumina, barium aluminate and portland cement clinkers with refractory spinel compounds.

Ключові слова: відпрацьовані каталізатори, глиноземний цемент, барійалюмінатний цемент, портландцемент, оксидні системи, вогнетривкі сполуки, гідралічноактивні сполуки.

В настоящее время освоение энергосберегающих технологий, модернизация и внедрение в производство новых технологических процессов, а также выполнение программ по охране окружающей среды актуальны для всех цементных заводов Украины. За счет вовлечения промышленных отходов можно существенно расширить сырьевую базу для цементов, в том числе и специального назначения.

Решение указанной проблемы может иметь комплексный подход. Одним из перспективных направлений создания новых видов специальных вяжущих является частичная или полная замена основных составляющих клинкерных минералов на другие оксиды. Вторым направлением в создании подобных вяжущих является использование отходов, сходных по своему составу с кондиционным сырьем без снижения их эксплуатационных характеристик.

С этой точки зрения представляют интерес отходы, которые в значительных количествах образуются на предприятиях химической отрасли промышленности: отходы водоподготовки, содержащие технологически оправданные количества углекислого кальция, которые могут быть использованы в качестве кальцийсодержащего компонента сырьевой смеси, а также различные отработанные и отбракованные катализаторы и их отходы, представляющие собой основу из Al_2O_3 , пропитанную оксидами d-элементов, такими как оксиды железа (III), хрома (III), кобальта (II), никеля (II). Такие отходы могут быть заменой алюминатного компонента как портландцементных сырьевых смесей, так и исходных сырьевых смесей специальных цементов.

Наличие этих компонентов в составе отходов обеспечит наличие в клинкере гидравлически активных алюминатов, ферритов и алюмоферритов кальция, а также огнеупорных соединений – кобальтовой и никелевой шпинелей, хромита кальция, обладающих повышенной плотностью и высокими температурами плавления, что позволит создавать огнеупорные, высокопрочные, вязущие материалы полифункционального назначения.

В лаборатории специальных вязущих веществ и композиционных материалов НТУ «ХПИ» проводятся термодинамические, геометрические и топологические исследования многокомпонентных оксидных систем, на основании композиций которых могут быть получены специальные цементы.

Результаты анализа трехкомпонентных систем $\text{CaO-CoO-Al}_2\text{O}_3$, $\text{BaO-CoO-Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO-NiO-Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ с учетом новых бинарных и тройных соединений показали, что при предполагаемых температурах синтеза (1400 – 1500 °С) основными технологически рациональными являются следующие сечения: $\text{CaAl}_2\text{O}_4\text{-CaAl}_4\text{O}_7\text{-CoAl}_2\text{O}_4$ [1, 2], $\text{BaAl}_2\text{O}_4\text{-CoAl}_2\text{O}_4\text{-BaAl}_{12}\text{O}_{19}$ [3], $\text{CaAl}_2\text{O}_4\text{-CaAl}_4\text{O}_7\text{-NiAl}_2\text{O}_4$ [4], $\text{CaAl}_2\text{O}_4\text{-CaAl}_4\text{O}_7\text{-CaCr}_2\text{O}_4$.

Данные исследований полностью подтверждают возможность получения вязущих материалов полифункционального назначения на основе указанных соединений с использованием в качестве исходных сырьевых материалов отходов химических производств.

Список использованных источников:

1. Анализ твердофазных равновесий в системе $\text{CaO-CoO-NiO-Al}_2\text{O}_3$. Ч. 1. Термодинамический анализ фазовых равновесий в субсолидусе системы $\text{CaO-CoO-Al}_2\text{O}_3$ / Шабанова Г.Н., Логвинков С.М., Корогодская А.Н. [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. – 2016. – № 7-8. – С. 3-10.
2. Анализ твердофазных равновесий в системе $\text{CaO-CoO-NiO-Al}_2\text{O}_3$. Ч. 2. Геометро-топологический анализ субсолидусного строения системы $\text{CaO-CoO-Al}_2\text{O}_3$ / Шабанова Г.Н., Логвинков С.М., Корогодская А.Н. [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. – 2016. – № 7-8. – С. 11-14.
3. Анализ твердофазных реакций в системе $\text{CoO - BaO - Al}_2\text{O}_3$ / Костыркин О.В., Шабанова Г.Н., Логвинков С.М. [и др.] // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 22 (1194). – С. 101-106.
4. Глиноземистые цементы на основе системы $\text{CaO-NiO-Al}_2\text{O}_3$ / Г.Н. Шабанова, С.М. Логвинков, А.Н. Корогодская, Р.М. Ворожбян // Огнеупоры и техническая керамика. – № 11-12. – 2012. – С. 42-44.

Т.С. ДАШКОВА; В.В. ГЛУХОВСКИЙ, к.т.н., доцент;
И.В. ГЛУХОВСКИЙ, к.т.н., доцент

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Украина, Киев

МИКРОПОРИСТЫЙ ГАЗОБЕТОН НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ

Представлены результаты исследования свойств микропористого газобетона. Исследованы основные эксплуатационные характеристики теплоизоляционных композитов.

Представлені результати дослідження властивостей мікропористого газобетону. Досліджені основні експлуатаційні характеристики теплоізоляційних композитів.

The results of studies of the properties of the microporous aerated. The main operational characteristics of heat-insulating composites are investigated.

Ключевые слова: неавтоклавный газобетон, автоклавный микропористый газобетон, прочность материала матрицы, активность заполнителя.

Целью исследований в области разработки технологии производства микропористого автоклавного газобетона было получение композиций, которые бы характеризовались наличием микропористой структуры.

Традиционные автоклавные газобетоны, в силу специфики их производства характеризуются наличием макропор размером 0,5 – 3,0 мм (рис. 1а). Данная структура полностью определяется пространственным расположением частиц алюминиевой пудры в смеси после ее перемешивания и размером частиц этого газообразователя. Макропористая структура традиционного газобетона определяет, в последующем, его эксплуатационные характеристики и ограничивает область его использования во влажных средах. По результатам длительного обследования [1] установлено, что использование изделий из автоклавного газобетона без защитных покрытий в условиях повышенной влажности или при воздействии агрессивных сред приводит к быстрому их разрушению. Традиционные наружные защитные покрытия эффективно устраняют указанный недостаток, однако в силу наличия макропористой структуры автоклавного газобетона требуют обязательного выполнения штукатурных работ, что заметно усложняет и удорожает завершающий этап строительства.

Современные гидрофобные покрытия способны существенно упростить процесс защиты изделий на основе автоклавного газобетона, однако в силу специфики его структуры, требуют повышенного расхода дорогого гидрофобизирующего продукта.

Разработанная технология микропористого автоклавного газобетона позволяет получать композиции, в структуре которых отсутствуют крупные поры, как на поверхности массива (рис. 1в), так и внутри его (рис. 1с).

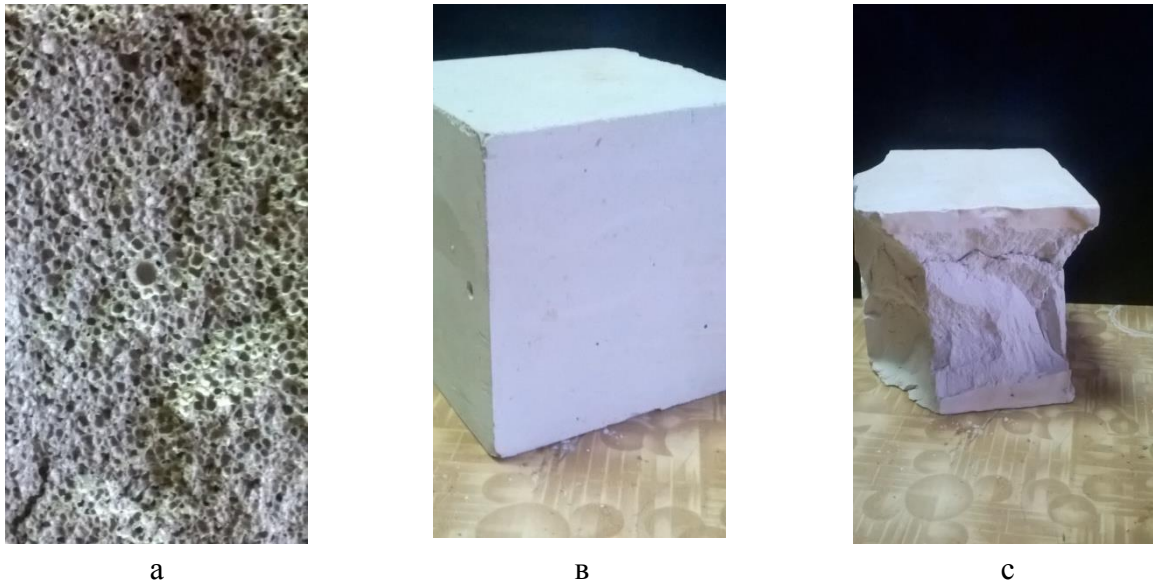


Рис. 1. Структуры традиционного автоклавного газобетона (а), микропористого автоклавного бетона снаружи (в) и внутренняя структура образца после испытания (с).

Физико-механические характеристики микропористого автоклавного газобетона приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Физико-механические характеристики микропористого автоклавного газобетона

Марка бетона по плотности	Уровни прочности автоклавного газобетона, МПа, по стандарту	Плотность образца, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
D250	0,72	280	0,86
D350	1,45	370	1,70
D400	1,45	400	2,08
D500	2,17 – 3,62	550	2,28
D600	2,90 – 3,62	630	4,60

Представленные результаты показывают, что прочностные характеристики микропористого автоклавного газобетона по уровню прочности соответствуют требованиям стандарта. При этом необходимо отметить, что технология их изготовления позволяет осуществлять не только поверхностную гидрофобизацию, которая выполняется после автоклавной обработки, но и осуществлять гидрофобизацию в объеме массива в процессе приготовления смеси.

Особенностью указанной технологии является повышенный удельный расход тепловой энергии, однако в структуре себестоимости этот перерасход компенсируется отсутствием в технологической смеси алюминиевой пудры.

Список использованных источников:

1. Силаенков Е.В. Долговечность изделий из ячеистых бетонов.– М.: Стройиздат. 1986.– 176с.

В.Г. САЛЬНИК, д.т.н.; В.А. СВІДЕРСЬКИЙ, д.т.н., професор; Л.А. НУДЧЕНКО

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, Київ.

ОСОБЛИВОСТІ ГЕНЕЗИСУ ТА ХАРАКТЕРИСТИК КАОЛІНІВ

Наведено результати дослідження каолінів різного генезису. Показано відмінності їх хіміко-мінералогічного складу, дисперсності, ступеню кристалічності та ліофільності як важливих факторів формування коагуляційної структури водних дисперсних систем в технології силікатів.

Приведены результаты исследования каолина различного генезиса. Показаны особенности их химико-минералогического состава, дисперсности, степени кристалличности и лиофильности как важных факторов формирования коагуляционной структуры водных дисперсных систем в технологии силикатов.

Results over of research for kaolin of different genesis are brought. The features of their chemical and mineralogical composition, dispersion, cristallinity and lyophilicity are shown as important factors of forming of coagulative structure of the water dispersible systems in technology of silicates.

Ключові слова: каолін, генезис, склад, дисперсність, ліофільність, структура.

Каолін є одним з цінних різновидів мінеральної сировини, продукти видобутку та збагачення якої необхідні для виробництва матеріалів широкого спектру призначення, в тому числі композиційних [1,2].

За кількістю родовищ і запасами каолінів (понад 1000 проявів і родовищ), виробничими потужностями по їх видобутку та збагаченню Україна входить до провідних країн світу.

Підвищення ефективності використання каолінів в складі технічних дисперсій різного призначення потребує поглиблення наукових уявлень щодо взаємозв'язку в ланцюгу хімічний склад каолінів → їх кристалохімічна структура та ступінь її досконалості → ліофільно-ліофобний баланс, енергетичний стан і будова поверхні. Наявність такої оцінки в свою чергу дозволить визначитись із внеском різновидів каоліну в процесі формування коагуляційної структури водних систем та кристалізаційної структури при випалі, в напрямку чого виконана подана робота.

Аспекти генезису каолінів

Каолін являє собою гірську породу, основним мінералом якої є каолініт $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ (Al_2O_3 – 39,5%, SiO_2 – 46,5%, H_2O – 14%). В природних умовах до каолініту додаються домішки Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , кварц, опал, халцедон, залишки зерен польових шпатів та слюди [3,4].

Каолініт переважно формується екзогенним шляхом при вивітрюванні алюмосилікатів в кислому середовищі, внаслідок гідротермальної зміни польовошпатових порід. За особливостями генезису та складу розрізняють первинні та вторинні каоліни [5-7].

Первинні каоліни (елювіальні, залишкові) залягають на місці утворення як кінцевий продукт вивітрювання, головним чином, польовошпатних порід. Відносно менше

розповсюдження мають первинні каоліни, що утворилися внаслідок гідротермального перетворення вміщуючих порід.

Первинні каоліни розрізняються масштабом і будовою самих родовищ — характером зональності, формою та орієнтацією покладів, просторовим співвідношенням з іншими вихідними породами та мінералогічним складом. Генетичний розподіл первинних елювіальних каолінів обумовлений походженням, хіміко-мінералогічним складом порід, що вивітрюються та є фактором впливу на склад і властивості каолінів. Серед первинних найбільш поширеними є каоліни, що утворилися по гранітах і метаморфічним гнейсам і мигматитам. Прикладом таких каолінів за генезисом вважається сировина ряду родовищ України, в тому числі Просянського, Глуховецького, Турбівського [8].

В процесі вивітрювання гранитоїдних материнських порід, що містять калієві польові шпати, які є більш стійкими у порівнянні з плагіоклазами та іншими мінералами, утворюються лужні каоліни.

Вторинні каоліни (осадові або перевідложені) утворюються шляхом розмиву і подальшого відкладення у водному середовищі первинних каолінів. При перевідкладенні продуктів розмиву первинних каолінів має місце накопичення кварцу та розчинення хімічних мінералів, яке сприяє природному збагаченню каолінів.

Превалююча частина природних каолінів збагачується у промислових умовах за технологією мокрого, сухого та хімічного способів.

Склад та характеристики різновидів каоліну

Відповідно до викладених вище особливостей генезису об'єктами дослідження в даній роботі стали:

- збагачений первинний каолін Просянського родовища типу КС-1;
- незбагачений вторинний каолін Обознівського родовища типу КО-1;
- лужний каолін Катеринівського родовища типу Е2013.

За хімічним складом проби просянського та обознівського каолінів є близькими, проба лужного катеринівського значно відрізняється більшим вмістом SiO_2 і K_2O , меншим вмістом Al_2O_3 (табл.1).

Таблиця 1 - Хімічний склад каолінів

Каолін	Вміст оксидів, мас. %									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	в.п.п.
КС-1	44,76	35,06	0,81	0,65	1,53	0,65	1,32	0,65	0,53	13,9
КО-1	43,53	37,22	0,68	1,16	1,07	0,22	0,72	0,70	0,31	14,4
Е2013	68,90	18,24	0,45	0,21	1,22	0,11	0,31	0,70	5,00	4,80

За даними рентгенофазового аналізу проби каолінів КС-1 і КО-1 близькі за якісним мінералогічним складом, а проба лужного Е2013 має значні відмінності (рис. 1-3).

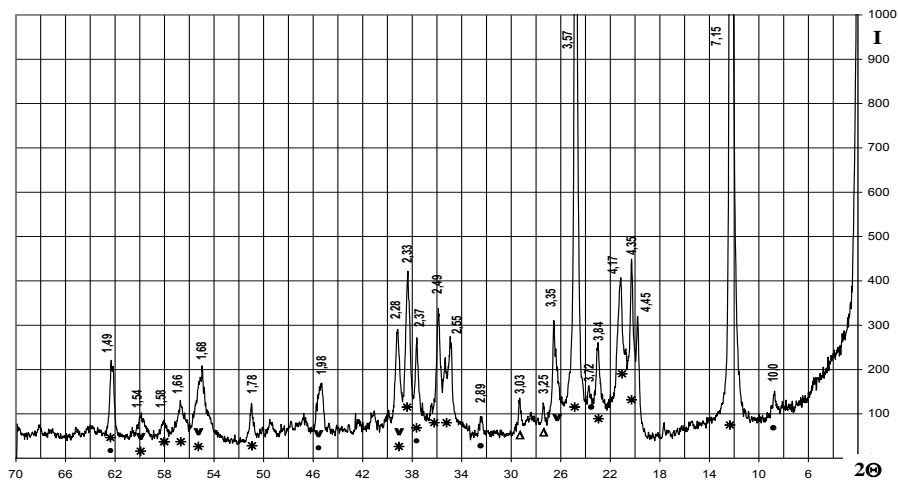


Рис. 1. Дифрактограма збагаченого каоліну КС-1 Присянського родовища.
Позначення: v кварц, * каолініт, ● гідролюда, Δ польовий шпат

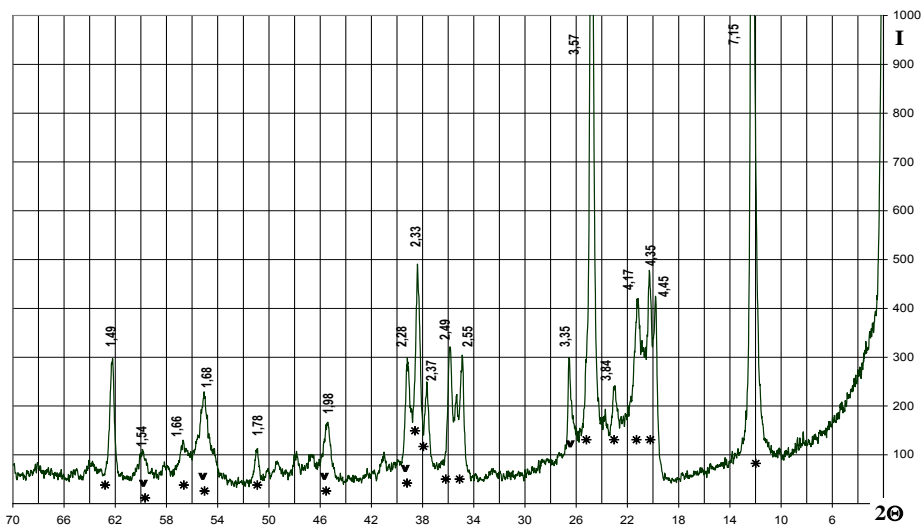


Рис. 2. Дифрактограма незбагаченого каоліну КО-1 Обознівського родовища.
Позначення: v кварц, * каолініт

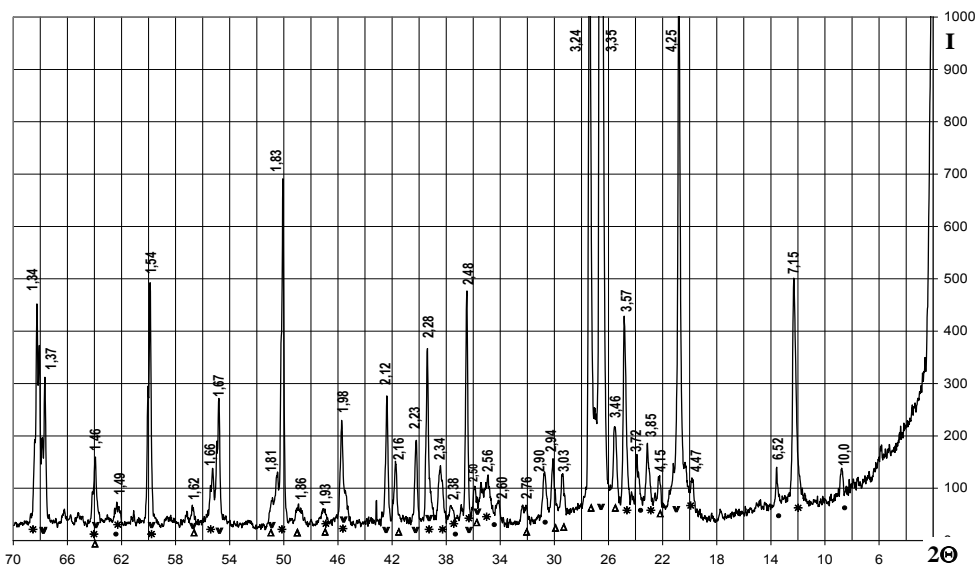


Рис. 3. Дифрактограма незбагаченого каоліну E2013 Катеринівського родовища.
Позначення: v кварц, * каолініт, ● гідролюда, Δ польовий шпат

Проби КС-1 і КО-1 характеризуються превалюючим вмістом каолініту, а проба Е2013 містить суміш каолініту, кварцу та польового шпату (переважно мікрокліну) з додатками гідролуїди.

За проведеними на основі даних хімічного, термічного і рентгенофазового аналізів розрахунками кількісного мінералогічного складу [9] проба КО-1 відрізняється від КС-1 дещо більшим вмістом каолініту, а проба лужного Е2013 відзначається приблизно рівним кількісним співвідношенням каолініту, кварцу та польового шпату (табл. 2).

Таблиця 2 - Мінералогічний склад каолінів

Каолін	Вміст породоутворюючих мінералів, мас. %						
	каолініт	кварц	польовий шпат	гідролуїда	кальцит	гідроксиди заліза	рутіл
КС-1	84,4	3,5	2,0	4,5	2,7	0,9	0,6
КО-1	92,7	3,5	-	-	1,9	0,8	1,1
Е 2013	31,1	35,4	28,0	2,1	2,2	0,5	0,2

Щодо гранулометричного складу збагачений просянський каолін КС-1 за вмістом 56,2 мас.% тонкодисперсних частинок фракцій < 0,001 мм належать до групи середньодисперсних, а за загальним вмістом 89,6 мас.% частинок фракцій < 0,01 мм – до високодисперсних (табл. 3). Незбагачений обознівський каолін КО-1 за вмістом 75,6 мас.% тонкодисперсних частинок фракцій < 0,001 мм і 93,8 мас.% частинок фракцій < 0,01 мм відносяться до групи високодисперсних. Лужний каолін Е2013 за вмістом 14,0 мас.% тонкодисперсних частинок фракцій < 0,001 мм і 23,6 мас.% частинок фракцій < 0,01 мм відноситься до групи грубодисперсних.

Таблиця 3 - Дисперсність каолінів

Каолін	Вміст (%) фракцій частинок (мм)				
	1,00-0,06	0,06-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	менше 0,001
КС-1	0,40	10,05	8,45	24,95	56,15
КО-1	3,18	3,07	3,35	14,85	75,55
Е2013	70,37	6,08	3,70	5,90	13,95

Особливості структури та ліофільність різновидів каоліну

З використанням методів РФА та ІЧ - спектроскопії був визначений ступінь структурної досконалості кристалічної структури досліджуваних каолінів (табл. 4). Індекс впорядкованості (коефіцієнт кристалічності) за Хінклі максимальний у просянського КС-1 (1,10), суттєво меншим у КО-1 (0,85) і мінімальний у випадку Е2013.

Таблиця 4 - Ступінь структурної досконалості кристалічної структури каолінів

Каолін	Індекс впорядкованості (коефіцієнт кристалічності) за Хінклі	Спектральний коефіцієнт кристалічності	Відношення інтенсивності ІЧ смуг поглинання 2,70/ 2,75 мкм
КС-1	1,26	1,64	1,30
КС-1	1,10	1,73	1,39
КО-1	0,85	1,77	1,20
Е 2013	0	2,22	1,51

Більш детальна кількісна інформація, відносно ступеня структурної досконалості каолінів, отримана при визначенні спектрального коефіцієнта кристалічності (відношення пікових інтенсивностей максимуму смуг поглинання ІЧ – спектрів валентних коливань зв'язку Si – O – Si при частотах 1100cm^{-1} та дозволеного її крила з боку менших частот (практично бар'єр пропускання при частоті 1080cm^{-1}), тобто відносної кількості місткових зв'язків Si – O – Si в тетраедрах SiO_4 (рис. 4). При цьому зафіксовано зворотну залежність. Мінімальні зниження спектрального коефіцієнта кристалічності відмічені для просянського КС-1 (1,73), а максимум для Е 2013 (2,22).

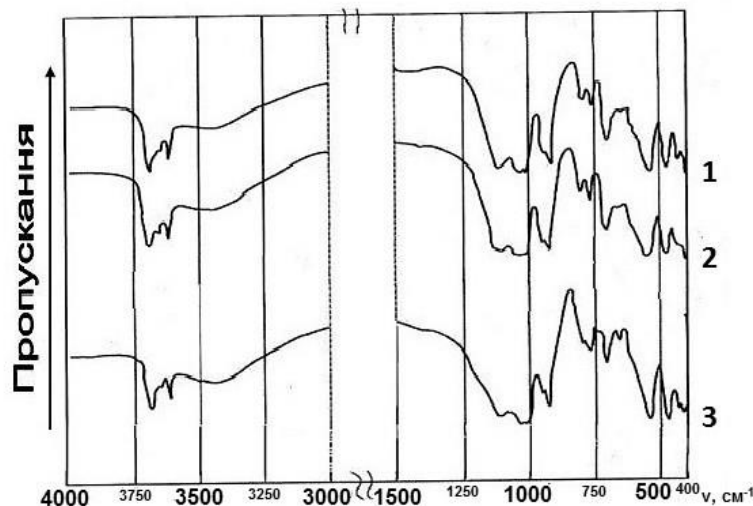


Рис. 4. ІЧ-спектри каолінів: 1 - просянський КС-1; 2 - КО-1; 3 - Е 2013

Із врахуванням особливостей використання каолінів у керамічному виробництві та їх агрегатного стану були використані методи оцінки енергетичного стану поверхні частинок дисперсної фази по змочуванню при натіканні. Характерною особливістю вказаного методу являється можливість оцінити одночасно ступінь змочування каолінів полярними і неполярними розчинниками (відповідно вода і бензол) та ступінь дисперсності досліджуваного матеріалу (коефіцієнт фільтрації і питома ефективна поверхня).

Стосовно змочування водою слід відмітити, що завдяки своїй кристалохімічній будові та складу каоліни характеризуються відносно невисокими кількісними показниками: значення V_n складають в межах від 0,022 (Е2013) до 0,039 (КО-1) та 0,058 (просянський КС-1).

Неполярними рідинами (бензол) каоліни змочуються значно краще. Значення V_n^1 у порівнянні з водою зростають в 4,1-4,4 рази для каолінів КС-1 і КО-1 і КС та в 6,4 разів для Е2013 (табл. 5).

Ефект максимального змочування досліджуваними рідинами реалізується у випадку просянського каоліну, а мінімального для катеринівського.

Пояснення отриманих закономірностей при змочуванні можливе при використанні даних ІЧ-спектроскопії. По групі каолінів КС і КО найкраще змочування досягається у матеріалів з найменшою інтенсивністю смуг поглинання, характерних для ОН груп і води (просянський КС-1).

Факт незначного змочування каоліну Е2013 можливо пояснити вказаними вище суттєвою відмінністю його мінералогічного складу від інших проб: найменшим вмістом каолініту, найбільшим вмістом кварцу та польових шпатів.

На процес змочування окрім хімічного і мінералогічного складу каолінів суттєво впливають і макроструктурні параметри їх частинок, тобто форма, розміри і ступінь компактування останніх. Оцінити вплив цих факторів можливо з урахуванням такого показника як коефіцієнт фільтрації дисперсних систем. На відміну від змочування кількісні показники останнього змінюються в більш широкому діапазоні. Для води вони коливаються в межах від 0,19 до $1,99 \cdot 10^{-6}$, а для бензолу від 1,69 до $4,30 \cdot 10^{-6}$ $\text{см}^3 \cdot \text{с} / \text{г}$.

Слід зауважити, що величина коефіцієнта фільтрації не завжди являється визначальною для розвитку процесів змочування поверхні каолінів. Така закономірність спостерігається як для води, так і для бензолу. Типовим прикладом може бути каолін просянський КС-1. Значну роль в цьому випадку може відігравати морфологія частинок каоліну.

Таблиця 5 - Властивості поверхні дисперсних каолінів

Каолін	Змочування при натіканні		Питома ефективна поверхня, м ² /г		Умовний tgδ
	Коефіцієнт фільтрації, $K \cdot 10^{-6}$ $\text{см}^3 \cdot \text{с} / \text{г}$		вода	бензол	
КС – 1	<u>0,058</u>	<u>0,236</u>	49,6	18,7	0,193
	1,51	4,39			
КО – 1	<u>0,039</u>	<u>0,170</u>	44,6	34,7	0,114
	1,99	2,06			
Е2013	<u>0,022</u>	<u>0,141</u>	18,0	14,6	0,116
	0,19	1,69			

Висновки

Використання відомих підходів з метою дослідження і порівняння складу та структури технічних каолінів подає досить обмежену інформацію. Для ефективного вирішення задач дослідження каолінів доцільне використання комплексу незалежних методів фізико – хімічного аналізу (ІЧ – спектроскопія, рентгенофазовий, повний термічний) в поєднанні з оцінкою гідрофільно – гідрофобного балансу та енергетичного стану поверхні дисперсних частинок

Встановлені особливості складу, структури та ліофільності каолінів різного генезису та мінералогічного складу важливі для аналізу коагуляційного структуроутворення каолінвмісних водних дисперсних систем і оптимізації технологічних параметрів (в'язкості, плинності) цементних шламів і лікерних керамічних мас.

Список використаних джерел:

1. Мороз И.И., Комская М.С., Сивчикова М.Г. Справочник по фарфоро-фаянсовой промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1976. – т. 1 – 296 с.

2. Wayne M. Bundy, Kaolin in paper filling and coating / Bundy Wayne M., Ishl Joseph N. // Applied Clay Science/ - 1991. -V. 5. – Is. 5–6. - pp. 397-420.

3. Грим Р.Е. Минералогия и практическое использование глин /Р.Е. Грим.-Перевод с англ.-М.: 1967. - 510 с.

4. Уоррел У. Глины и керамическое сырье: Пер. с англ.. – М.: Мир, 1978. – 237 с.

5. Петров В.П. Условия образования каолинов и их свойства. / В.П. Петров – Каолины. – М.:Наука, 1974. - С.10-19.

6. Русько Ю.А. Каолинизация и каолины Украинского щита. – К.: Наукова думка, 1976. – 160 с.

7. Balan E. Kaolin-group minerals: From hydrogen-bonded layers to environmental recorders / E. Balan, G. Calas, D. Bish. // Elements.-2014. - N 10: pp. 183-188.

8. Каолины Украины. Справочник / Овчаренко Ф.Д., Круглицкий Н.Н., Русько Ю.А., Мороз И.И., Комская М.С., Теодорович Ю.Н. – К.: Наукова думка, 1982. - 367 с.

9. Черняк Л.П. Определение минералогического состава глинистого сырья с помощью ЭВМ / Л.П.Черняк, И.П. Нестеренко, А.С. Сорока // Стекло и керамика. – 1979. - № 3. - С. 17.

УДК 666.762

О.В. ЧЕРНЕГА¹; Н.С. ЧОПЕНКО¹, к.т.н., доцент; Я.М. ПІТАК², д.т.н., професор

1 Полтавський НТУ ім. Юрія Кондратюка, Україна, Полтава

2 НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИН ОПІШНЯНСЬКОГО РОДОВИЩА ДЛЯ ХУДОЖНЬО-ПОБУТОВИХ КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ ВЕЛИКИХ РОЗМІРІВ ЗА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Досліджено реологічні властивості глин Опішнянського родовища та визначено їх тип за структурно-механічною класифікацією дисперсних систем.

Исследованы реологические свойства глин Опошнянского месторождения и определен их тип по структурно-механической классификации дисперсных систем.

Investigated the rheological properties of clay deposits Opishnyanska and defined by their type of structural and mechanical classification of dispersed systems.

Серед великої кількості родовищ вторинних (пістрявих) глин одним з найбільш цінним у промисловому відношенні, є родовище поблизу с. Опішня (Полтавської обл.), на

території якого працювало два найбільших в Україні майолікових заводи. Заводські кар'єри мають 7 горизонтів різних глин, розроблялися відкритим способом, співвідношення середньої потужності вскришних порід до горизонту глини, що використовується 8:1 що становить 783,6 тис.м³, і тільки 96,7 тис. м³ корисної копалини (гончарної глини). Запаси відвальних глин в виробничому процесі не використовувалися.

Упродовж трьох останніх тисячоліть на території Опішні розвивалося гончарство. Один з найвідоміших і найславетніших центрів культурної самобутності є Опішня - загально визнана гончарська столиця України. Традиційно, місцеві гончарі саме з гончарної глини Опішнянського родовища виготовляли гончарні вироби великих розмірів, об'ємами 30-50 л. На сьогодні з жодних відомих формувальних мас (наприклад майолікова маса ЗАТ «Керамічні маси Донбасу») не можливо формувати вироби таких великих об'ємів.

Дослідження в області фізико-хімічної механіки глинистих мас показали, що основою багатьох технологічних процесів, пов'язаних з використанням глинистої сировини є різноманітні види деформацій і текучості глинистих суспензій і паст.

Ціль роботи - дослідити структурно-механічні властивості глин Опішнянського родовища, з'ясувати у напівкількістному відношенні головні деформаційні та релаксаційні властивості незруйнованих структур з подальшою розробкою рекомендацій складу формувальних мас для пластичного формування побутово-художніх керамічних виробів великих розмірів.

Для дослідження було обрано дві глини (5 та 6 горизонтів), що залягають на глибині 6,1-14 м, з'ясовано їх хімічний і мінералогічний склад.

Структурно – механічні властивості глин досліджувалися на пластометрі Д.М.Толстого. Прилад дозволяє визначити константи мас з практично незруйнованими структурами, найбільш повно оцінюючи їх властивості.

За результатами досліджень, характер розвитку деформації за структурно-механічною класифікацією дисперсних систем глина 5 горизонту відноситься до 2 типу, що відрізняється значним розвитком повільних еластичних деформацій. Такі глини добре формуються, не мають дефектів пресування. Глина 6 горизонту відноситься до нульового структурно-механічного типу глинистої сировини. Керамічні маси на їх основі добре формуються пластичним способом.

Таким чином, реотехнологічні характеристики глин різних горизонтів Опішнянського родовища залежать від хімічного і мінералогічного складу, що визначає раціональне їх використання у виробництві різних видів кераміки. Використання глини 6 горизонту дозволить формувати пластичним методом керамічні вироби великих розмірів та складної форми без дефектів.

Т.С. ДАШКОВА; В.В. ГЛУХОВСКИЙ, к.т.н., доцент;
И.В. ГЛУХОВСКИЙ, к.т.н., доцент

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Украина, Киев.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ КРУПНОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИИ

Приведены результаты исследования основных физико-механических свойств ячеистых бетонов на основе крупнотоннажных отходов металлургии. Установлен вид зависимости прочности бетонов ячеистой структуры от прочности материала матрицы.

Наведено результати дослідження основних фізико-механічних властивостей ніздрюватих бетонів на основі великотоннажних відходів металургії. Встановлено вид залежності міцності бетонів ніздрюватої структури від міцності матеріалу матриці.

The results of the study of basic physical and mechanical properties of porous concrete on the basis of tonnage of waste metals. Established dependence of concrete strength cellular structure on the strength of the matrix material.

Ключевые слова: неавтоклавный газобетон, автоклавный микропористый газобетон, прочность материала матрицы, активность заполнителя.

Исходя из основных положений концепции устойчивого развития, газобетон можно рассматривать как один из наиболее перспективных конструкционных материалов, обеспечивающих существенное сокращение энергетических затрат на отопление помещений при низких расходах стенового материала на квадратный метр ограждающих конструкций.

Но, позволяя существенно сократить тепловые потери зданий, традиционный газобетон, в своем производстве предполагает присутствие высокотемпературных процессов (автоклавирование) и использование исходных продуктов, производство которых сопровождается образованием большого количества CO₂ (парникового газа). В состав сырьевой смеси автоклавного газобетона входит до 40 % по массе портландцемента и извести. Производство этих вяжущих сопровождается выделением в атмосферу большого количества CO₂. Парниковый газ образуется не только при декарбонизации известняка (до 300 кг на тонну портландцемента и до 780 кг на тонну извести), но и при сжигании топлива, которое используется для обжига исходных сырьевых смесей. С учетом углекислого газа, образующегося при транспортировании готового продукта, специалисты полагают, что создание одной тонны цемента сопровождается выпуском в атмосферу одной тонны углекислого газа [1].

Кроме вышеизложенного, необходимо отметить, что традиционный автоклавный газобетон характеризуется наличием ограничений по эксплуатации во влажных условиях (для помещений с относительной влажностью воздуха не более 75 %), что обуславливает необходимость защиты поверхности ограждающей конструкции от сорбции воды. Макропористая структура данного материала не позволяет использовать эффективно гидрофобные покрытия и обуславливает необходимость защиты поверхности с помощью разнообразных штукатурных растворов.

Целью комплекса научных исследований явилось создание новых технологий производства неавтоклавного газобетона на основе крупнотоннажных отходов промышленности и технологий изготовления микропористого автоклавного газобетона низкой плотности.

Известна обобщенная зависимость прочности пористых материалов (R_p) от прочности материала матрицы (R_m), которая была получена при анализе результатов испытаний горных пород [2]:

$$R_m = R_p (\rho_m / \rho_p)^2, \quad (1)$$

На основе указанной зависимости экспериментально была установлена аналогичная зависимость для газобетонов автоклавного твердения [3], которая имеет вид:

$$R_p = R_m [1 - 1,105 \cdot (1 - \rho_p / \rho_m)^{0,33}], \quad (2)$$

где: R_m – прочность материала матрицы плотностью ρ_m ;

R_p – прочность пористого материала плотностью ρ_p .

Авторами экспериментально [4] был установлен вид аналогичных зависимостей для неавтоклавного газобетона на основе портландцемента и на основе щелочного цемента:

$$R_m = R_p (\rho_m / \rho_p)^{2,28}, \quad (3)$$

$$R_p = R_m [1 - 1,105 \cdot (1 - \rho_p / \rho_m)^{0,47}], \quad (4)$$

Достоверность найденных значений показателей степени подтверждена статистической обработкой результатов испытаний, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки результатов испытания

Показатель	Расчетные значения показателя степени для выражения	
	(3)	(4)
Среднее арифметическое значение	2,281	0,472
Значение эмпирического стандарта	0,1427	0,0366
Погрешность значения при доверительной вероятности 95 %	±0,041	±0,011
Относительная погрешность среднего арифметического значения	1,8%	2,3%

Для реализации целей исследований по разработке технологии изготовления высокопрочных неавтоклавных газобетонов на основе крупнотоннажных отходов промышленности, были использованы щелочные цементы [5] которые были разработаны в 70-х годах прошлого века в Украине. Особенностью указанного вида цементов, является то, что они изготавливаются на основе крупнотоннажного отхода металлургии – доменного гранулированного шлака и характеризуются высокой марочной прочностью (до 100 МПа), долговечностью (F1000) и коррозионной стойкостью [6].

Характеристики щелочного цемента, который был использован для разработки неавтоклавного газобетона на основе молотого доменного шлака (табл. 2).

Таблица 2 – Основные характеристики щелочного цемента

Вид щелочного компонента	Плотность раствора, кг/м ³	Сроки схватывания, мин.		Марка щелочного цемента, МПа, в возрасте	
		начало	конец	7 суток	28 суток
метасиликат натрия	1200	36	45	63,0 (5,6)*	107,8 (7,6)
	1250	37	48	59,2 (7,1)	93,0 (6,5)
дисиликат натрия	1300	56	70	48,3 (4,6)	77,3 (6,3)

* примечание – в скобках предел прочности на растяжение при изгибе

Приведенные результаты указывают на то, что уровень прочности щелочного цемента уже в возрасте 7 суток соответствует уровню марочной прочности традиционного портландцемента (48...63 МПа). Марка щелочного цемента, в возрасте 28 суток, существенно превышает марку традиционного портландцемента и, в зависимости от вида и плотности щелочного компонента, находится в диапазоне 77...108 МПа.

Результаты испытания образцов неавтоклавного газобетона (табл. 3), которые были изготовлены на основе щелочного цемента без заполнителя и из композиций на основе щелочного цемента с заполнителем в виде фракционированных кварцевого песка и немолотого доменного гранулированного шлака, указывают на то, что представленные неавтоклавные газобетоны в возрасте 7 суток характеризуются высокими уровнями прочности при сжатии, на уровне требований национального стандарта для неавтоклавных газобетонов в возрасте 28 суток (табл. 4). Марочная прочность исследуемых композиций в возрасте 28 суток, во всех случаях, превышает требования к марке национального стандарта, а влажность газобетона находится в пределах нормируемых значений отпускной влажности, то есть не более 25 %.

Отличительной особенностью неавтоклавных газобетонов от аналогичных композиций автоклавного твердения заключается в увеличении предела прочности при сжатии при последующем твердении на протяжении 90 суток.

Таблица 3 – Физико-механические характеристики неавтоклавных газобетонов на основе щелочного цемента

Марка бетона по плотности	Средняя плотность образца, кг/м ³	Влажность образца масс. %	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте		
			7 суток	28 суток	90 суток
без заполнителя					
D500	520	18,7	2,54	4,07	4,32
D600	610	16,9	3,74	4,75	5,10
D700	680	17,6	5,02	6,09	6,46
заполнитель – кварцевый песок (фракция 0,25-0,5 мм) 50 % от массы шлака					
D500	510	15,5	2,29	2,97	3,16
D600	620	15,7	3,87	4,36	4,55
D700	690	16,1	4,84	5,78	6,17
заполнитель – кварцевый песок (фракция 0,25-0,5 мм) 100 % от массы шлака					
D500	530	12,1	2,38	2,67	2,86
D600	610	13,7	3,74	3,82	4,02
D700	710	13,9	4,86	5,04	5,31
заполнитель – шлак немолотый (фракция 0,25-0,5 мм) 50 % от массы шлака					
D500	500	19,7	2,54	2,87	3,03
D600	620	18,5	4,03	4,47	4,67
D700	700	18,4	4,93	5,14	5,38
заполнитель – шлак немолотый (фракция 0,25-0,5 мм) 100 % от массы шлака					
D500	510	17,4	2,17	2,54	2,61
D600	590	17,5	3,02	3,75	3,90
D700	690	18,0	4,09	4,43	4,57

Таблица 4 - Прочность неавтоклавного газобетона D600 на основе портландцемента и щелочного цемента без заполнителя и с заполнителем, кварцевым песком, в возрасте 28 суток.

Вид цемента	Количество заполнителя, %, от массы цемента	Марка неавтоклавного газобетона, МПа	Прочность в % от прочности образцов без заполнителя
Портландцемент	0	4,46	100
	25	3,05	68,4
	43	2,93	65,7
	67	2,41	54,0
Щелочной цемент	0	4,75	100
	50	4,36	91,8
	100	3,82	80,4

Высокая щелочная среда щелочного цемента обеспечивает химическое взаимодействие продуктов его гидратации с поверхностью заполнителя - кварцевого песка. Отсутствие такого взаимодействия в композициях на основе портландцемента обуславливает заметное снижение прочности при сжатии композиций газобетона (табл. 4). При введении в состав газобетона кварцевого песка в количестве 25 % от массы портландцемента, прочность снижается до 68 % от прочности композиций без заполнителя. С увеличением доли заполнителя до 43 и 67 %, прочность снижается до 66 и 54 % соответственно. В то же время, при введении кварцевого песка в состав композиций на основе щелочного цемента в количестве 50 и 100 % от массы шлака, снижение прочности составляет 10 и 20 % соответственно.

Таблица 5 – Требования стандарта и прочностные характеристики неавтоклавного газобетона на основе щелочного цемента.

Марка бетона по плотности	Уровни прочности при сжатии газобетона, МПа, по стандарту [7]		Прочность при сжатии, МПа, неавтоклавного газобетона на основе щелочного цемента		
	автоклавного	неавтоклавного	без заполнителя	с заполнителем, немолотый шлак в количестве	
				50 %	100 %
D500	2,17 – 3,62	1,45 – 2,90	4,07	2,87	2,56
D600	2,90 – 3,62	2,17 – 2,90	4,75	4,47	3,75
D700	3,62 – 7,23	2,90 – 3,62	6,09	5,14	4,43

Полученные результаты испытания неавтоклавных газобетонов на основе щелочного цемента показывают, что разработанные композиции характеризуются уровнями прочности в пределах показателей, регламентирующих прочностные характеристики газобетонов национальными стандартами, не только в области неавтоклавных композиций, но и в области автоклавного газобетона (табл. 5).



Рис. 1. Жилой двухэтажный дом, возводимый с использованием стеновых газобетонных панелей



Рис. 2. Фрагмент внутреннего помещения жилого двухэтажного дома возводимого с использованием стеновых газобетонных панелей

Высокие физико-механические характеристики неавтоклавного газобетона D600 были реализованы при выпуске опытно-промышленной партии стеновых газобетонных панелей размером 3300×1500×500 мм (рисунок 1, 2), которые были использованы при возведении жилого двухэтажного здания [8].

Список использованных источников:

1. <http://www.us-concrete.com/sustainability/ef-technology/>
2. Ицкович С.М. Заполнители для бетона. – Минск: Выш. шк., 1983. – 214 с.
3. Пинкскер В.А. Физическая основа параболической зависимости между объемной массой и прочностью ячеистого бетона / Пинскер В.А. // Строит. материалы. 1965. № 8. С. 27 – 28.
4. Глуховський В.В. Залежність міцності ніздрюватих бетонів від міцності матеріалу матриці // VII Міжнародна конференція «Strategy of quality in the industry and education» / Глуховський В.В., Глуховський І.В., Дашкова Т.С. – Варна – 2011. – Том 3. – с. 67 – 70.
5. ДСТУ Б В.2.7-181:2009 Строительные материалы. Щелочные цементы.
6. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны / Под общ. ред. проф. В.Д. Глуховского. – Киев : Вища школа, 1979. – 232 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-45:2010 Строительные материалы. Ячеистые бетоны.
8. Raw mixture and method for producing gas concrete: пат. 9487442 США: U.S.Cl. **C04B 7/1535** (2013.01) / V. Glukhovskiy, I. Glukhovskiy, заявл. 03.02.2016, опубл. 08.10.2016.

A.A. GONCHARUK, Ph. D., ass. prof.; A.M. LUTAI, sen. lect.; E.E. NIKITIN

National technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute. Igor Sikorsky"

INFLUENCE OF LASER IRRADIATION ON CBN GRAINS STRENGTH

Повідомляються результати досліджень впливу параметрів лазерного опромінення з довжиною хвилі $\lambda=1,06$ microns на міцність зерен КНБ та фізико-механічні властивості композитів інструментального призначення. Визначено області оптимальних режимів при яких забезпечується формування абразивного шару відповідної геометрії при гарантованому зберіганні міцностних показників шліфпорошків КНБ.

Сообщаются результаты исследований влияния параметров лазерного облучения с длиной волны $\lambda=1,06$ microns на прочность зерен КНБ формирование и физико-механические свойства композитов инструментального назначения. Определены области оптимальных режимов, при которых обеспечивается формирование абразивного слоя соответствующей геометрии при гарантированном сохранении прочностных показателей шлифпорошков КНБ.

Conditions and parameters of laser forming on the surface of composite tools and abrasive tools by means of laser irradiation at different wavelengths were investigated in this paper.

Keywords: laser sintering, abrasive tools, cubic boron nitride.

CBN-contained abrasive tools are widely used in mechanical engineering for finishing processing of iron-carbon alloys to increase the quality and productivity of manufacturing process. CBN grains have unique physical, mechanical and chemical properties similar to diamonds and due to high thermal resistance can withstand significant loads. They could be used in polishing, circular and flat grinding and also for abrasive tools manufacturing. Unlike diamonds, CBN grains are chemically inactive with iron-carbon alloys.

Methodology

It was decided to establish thermal range for laser heating of different CBN-contained when there is no change in strength of CBN grains after laser irradiation.

As it was noted earlier [1-4], CBN has a high absorptivity of laser beam with the wavelength $\lambda=10,6$ microns – (80 – 90)% and bonding material has an absorptivity of 40 to 60%. Nowadays, solid state lasers with wavelength $\lambda=1,06$ microns are widely used in industrial laser systems and these lasers are more beneficial comparing with CO₂-lasers. Therefore, thermo-deformational sintering using lasers with the wavelength $\lambda=1,06$ microns becomes a prospect technique of abrasive tools manufacturing and it is important to investigate the influence of laser irradiation on strength of CBN grains.

The influence of laser beam energy characteristics on strength of CBN grains with was investigated using two most popular bonding materials (that have different melting temperature and hardness): ПС-12Н-ВК and Бр010. Mixture of bonding material and CBN grains was wetted with lacquer and applied on quadratic steel (Steel 45) substrates with further drying procedure. Diode-pumped solid-state Nd:YAG laser «DY044» with wavelength $\lambda=1,06$ microns (Power density $W_p=(0.1-1.4)\times 10^4$ W/cm², processing time $\tau=0,06-4,5$ s). Laser processing was done in air and in argon atmosphere with gas flowrate 2-14 l/min. Sintered samples were selected for strength tests according to standard methodology using the DA-2 strength test machine, whereas

others were analyzed using SEM techniques, local and integral X-ray analysis microscope ZEISS EVO 50 XVP.

Results and discussion

There was also established the mechanism of CBN grains destruction that consist of the following stages: removal synthesized products with no negative influence on strength characteristics; appearance of cracks on grain surface, due to the difference of thermal expansion coefficients; initiation of $cBN \rightarrow hBN$ phase changes (Fig. 1).

It was noticed that there is an increase in strength of CBN grains etched from bonding mixture ПС-12НВК that were coated with Ni in comparison with untreated grains (Fig. 2). Its share increases from 64 to 150 percent (depending on the mass of grains). At indirect irradiation the processing regimes shift into the “harsh” zone with no significant loss in strength of CBN. It means that it is possible to use bonding materials with melting points that exceed 800-1000°C. SEM analysis confirms the presence of the crystal-like structure of CBN and strength measurements also correlate with data from SEM analysis.

SEM analysis of CBN grains mixed with ПС-12НВК powder shows the presence of single hBN phase. Laser irradiation was the reason of the elimination of B13N2 nitride. The most reasonable explanation for that– the dissociation of nitride due to its high comparing with hBN phase.

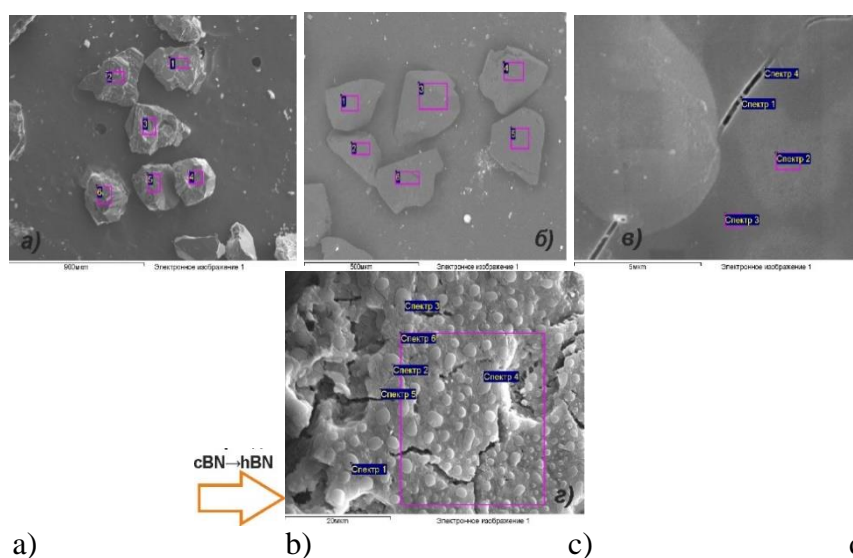


Fig. 1. Mechanisms of laser irradiation of KB grains: a) original CBN ($\times 150$); б) $P=300\text{ W}$, $v=0,1\text{ m/min}$, $d=3\text{ мм}$ ($\times 250$); в) cracks formation: $P=500\text{ W}$, $v=0,1\text{ m/min}$, $d=3\text{ мм}$ ($\times 20000$); г) $P=800\text{ W}$, $v=0,1\text{ m/min}$, $d=3\text{ мм}$: partial phase changes $cBN \rightarrow hBN$ ($\times 5000$)

The influence of laser irradiation with the wavelength $\lambda=1,06$ microns on hardness and dimensional characteristics of layers sintered with Ni-based (ПС-12НВК) and Cu-based (Бр010) mixtures is shown in Fig.3.

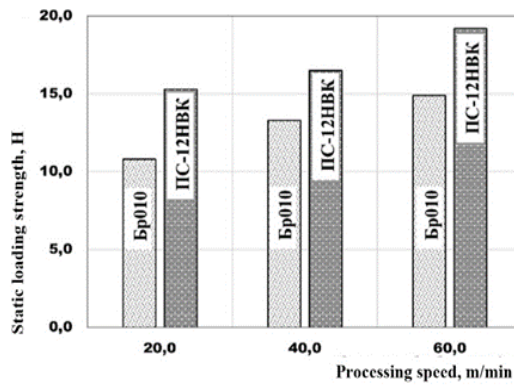


Fig. 2. Static strength of KB 315/8250 grains vacuum-coated with Ni etched from Бр010 and ПС-12НБК mixture ($\lambda=1,06$ microns: $d=1$ mm, $P=200$ W, $Ar=14$ l/min)

Sintering of a stable layer is reached at low scanning speeds (0,2 - 0,6 m/min) with laser beam power density $W_p=(0,7...1,5)\cdot 10^4$ W/cm². Laser sintering in Argon atmosphere with flowrate of 7-14 l/min was employed to increase the relative travel speed and to lower the laser beam power. In comparison with technological parameters of laser sintering at wavelength $\lambda=10,6$ microns, at laser sintering with wavelength $\lambda=1,06$ microns it is advisable to lower the laser beam power density and to increase the processing speed.

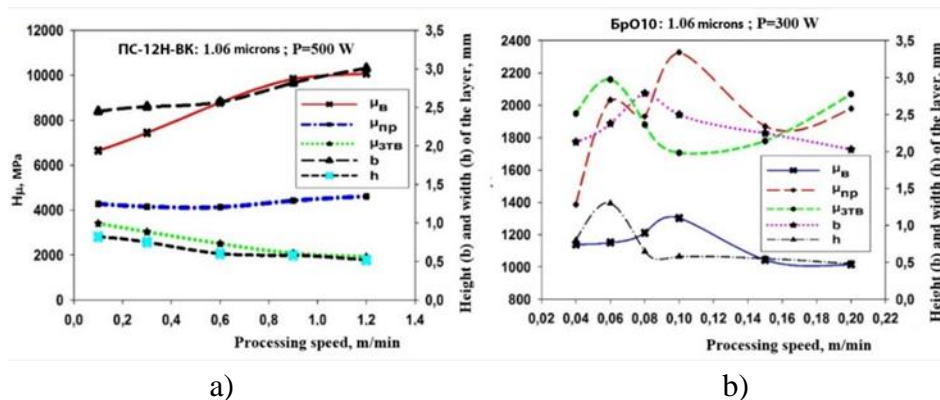


Fig. 3. Influence of laser processing parameters ($\lambda=1,06$ microns) on micro hardness of abrasive layer : a) ПС-12НБК; b) Бр010

It was noted that CBN grains were well immersed in the bonding material and this effect significantly increases the exploitation properties of composite (Fig.4).

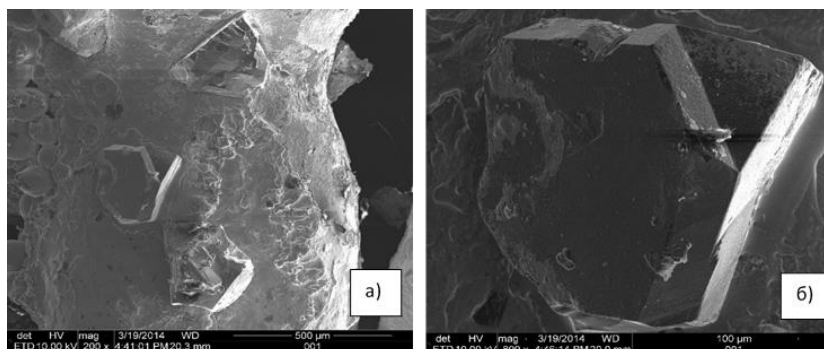


Fig. 4. SEM image of CBN grain KB 315/250 vacuum-coated with Ni sintered with ПС-12НБК ($\lambda=1,06$ microns, $P=500$ W; $d_0=3$ mm; $v=0,1$ m/min; $Ar=7$ l/min)

Statistical analysis shows that the average grain density decreased by 5 to 8%. At indirect irradiation the processing regimes shift into the “harsh” zone with no significant loss in strength of CBN grain.

Laser beam influence on properties of CBN grain was investigated and optimal technological parameters of laser irradiation of CBN grains were established (power density $W_p=(0.1...1.8)\times 10^4$ W/cm², grain irradiation time - 0,2-0,3 sec depending on the size of sintered layer). With these parameters, the temperature interval of heating is kept within a range of 800-1400°C, and there is no negative thermal influence on CBN grains. There was developed a highly-efficient process of laser sintering of CBN-contained abrasive tools with different geometry, abrasive powder properties. It is also possible to perform selective laser sorting and selective laser modification of CBN powders.

References:

1. A.M. Blochanevich, A.M. Bochko Laser cutting materials on basis of diamond and compact modification boron nitride. – Powder metallurgy. – 2004. – №3/4 – P.47-53.
2. N.K. Tolochko and others. Absorptivity measurement of freely located one component metal powders and its change during laser processing. - Powder metallurgy. - 1997. - № 7/8. – P. 89-94.
3. Goncharuk O.O., Golovko L.F., Kaglyak O.D. Vliyanie lazernogo nagreva na prochnost' kubicheskogo nitrída bora pri staticheskom nagruzhennii // Vostochno-evropeyskiy Zhurnal peredovykh tekhnologiy. – 2010. – №1/6(43) – S. 4-10.
4. Goncharuk O.O., Golovko L.F., Kaglyak O.D., Lutay A.M. Vznachennya optimal'nikh umov lazernogo formuvannya instrumental'nogo sharu abrazivnikh instrumentiv // Vostochno-evropeyskiy Zhurnal peredovykh tekhnologiy. – 2012. – №6/5(60) – S. 28-31.

УДК 667.66:546.287

В.Я. КРУГЛИЦЬКА, к.т.н, професор; В.М. ПАХОМОВА, С.Р. ФЕДОРОВИЧ

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, Київ

РЕГУЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОЛИ ВИНЕСЕННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ

Запропоновані результати дослідження впливу модифікатора на властивості поверхні високодисперсного наповнювача. Наведено дані, які свідчать, що при нанесенні модифікатора змінюється характеристика поверхні твердої фази. Показано, що введення модифікатора при помелі, тобто механохімічна модифікація, є надійним засобом впливу при підготовці наповнювача.

Предложены результаты исследования влияния модификатора на свойства поверхности высокодисперсного наполнителя. Приведены данные, которые свидетельствуют, что при нанесении модификатора изменяется характеристика поверхности твердой фазы. Показано, что введение модификатора при помеле, то есть механохимическая модификация, является надежным средством воздействия при подготовке наполнителя.

Investigation results of the modifier influence on properties of a superfine filler surface are offered. It is cited the data which testify that modifier drawing the characteristic of a solid phase surface variates. It is shown that modifier introduction at beating, that is mechano chemical modification, is an influence well-trying remedy by filler preparation.

Ключові слова: зола винесення, модифікатор, етилсиліконат натрію, механохімічна активація, диспергування

Енергозберігаючі технології в сьогоденні представляють значний інтерес в багатьох напрямках народного господарства [1]. Використання техногенних продуктів широко відоме у виробництві будівельних, полімерних та інших композиційних матеріалів. Для поліпшення властивостей таких композитів вводять наповнювачі з модифікованою поверхнево-активними речовинами (ПАР) поверхнею. Ефективним є нанесення модифікатора шляхом механохімічного активування при диспергуванні в помельних агрегатах, при цьому одночасно відбувається підвищення дисперсності наповнювача і закріплення ПАР з утворенням фіксованої плівки. Зміна поверхневих властивостей наповнювачів шляхом їх модифікації дозволяє одержати композиційні матеріали різного призначення з бажаними експлуатаційними властивостями.

Серед модифікаторів, що застосовуються, надають перевагу кремнійорганічним сполукам [2]. Відомо, що невеликі кількості ПАР, які контактують з твердими тілами, можуть як значно знизити їх механічну міцність, так і полегшити деформацію. Це обумовлено адсорбцією молекул з навколишнього середовища поверхнями твердого тіла, утвореними при деформації. Молекули ПАР викликають зміну поверхневої енергії. Нові поверхні розділу утворюються в місцях дефектів структури твердого тіла, а зниження поверхневої енергії викликається тим, що ці поверхні в момент утворення покриваються адсорбційними шарами ПАР в результаті поверхневої міграції їх молекул. Таким чином, добавки збільшують дефекти структури, сприяють руйнуванню матеріалу. В поєднанні з механічною дією навіть в незначній кількості вони відіграють велику роль в одержанні високодисперсних матеріалів, зокрема наповнювачів.

В представленій роботі виконано дослідження модифікування золи винесення Дарницької ТЕЦ одним з відомих модифікаторів – етилсиліконатом натрію (ЕСН) шляхом механохімічної диспергації при різних кількостях добавки–модифікатора і часу помелу. Вивчення впливу кількості етилсиліконату натрію при механохімічному диспергуванні золи винесення контролювали зміною питомої поверхні матеріалу. Одержані результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Величини питомої поверхні дисперсної системи, м²/кг

Кількість модифікатора, %	Час помелу, годин							
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5
1,5	180	182	185	185	184	181	180	183
1,0	187	213	189	198	191	228	184	188
0,5	201	216	221	222	216	230	226	245

Видно, що ефективною є добавка етилсиліконату натрію у кількості 0,5%. При мінімальній кількості модифікатора утворюється його мономолекулярний орієнтований шар, найміцніше зв'язаний з поверхнею часток золи винесення. Збільшення кількості модифікатора до 1% призводить до утворення агрегатів, що знижує питому поверхню. Оскільки модифікований наповнювач використовується для введення в дисперсійне середовище, одним з методів оцінки новоутвореної композиції є вивчення седиментаційних властивостей (табл. 2).

Таблиця 2 – Порівняльний седиментаційний аналіз

Час осідання, хв.	Маса осаду, мг						
	Вихідна зола	Час помелу для золи з 0,5% ЕСН, год.			Час помелу для золи з 1,0% ЕСН, год.		
		0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0
1	305,0	307,5	300,0	316,5	320,0	316,0	305,0
2	305,0	309,5	302,5	320,0	321,5	318,5	310,0
3	307,0	310,5	303,5	321,5	322,0	320,0	312,5
4	309,0	311,5	305,0	322,5	322,5	321,5	314,5
5	311,0	313	306	323,5	323	322	316
6	313,0	314	307	324	324	322,5	316,5
8	315,0	316,5	308,5	325	325	324	317,5
10	316,0	318	309,2	325,1	325	324,2	319
12	317,5	318,2	310	326,5	325	325	321
14	319,0	319	310,1	327,5	325	325,1	322,5
16	319,3	319,5	312	328	325,1	325,2	324
18	320,0	319,8	313	329	325,2	325,3	325
20	320,0	320	314	329,2	325,2	325,4	327,5

Седиментаційний аналіз є одним з розповсюджених методів дослідження дисперсних систем – порошків, суспензій та подібних матеріалів. Мета його – визначення фракційного складу дисперсної фази, розподіл часток за розмірами на фракції, знаходження її питомої поверхні. Був застосований метод безперервного зважування з використанням седиментографу П.Р. Таубе з автоматичним записом результатів [3]. Вихідними результатами є седиментаційні криві, що показують залежність маси седиментаційного осаду від часу осідання. Зазвичай в полідисперсних системах криві осідання мають плавний хід.

Експериментальну седиментаційну криву обробляють графічним способом з метою одержання даних для побудови кривих розподілу часток за розмірами. Наведені в таблиці 2 результати в цьому випадку було використано для оцінки седиментаційних властивостей золи винесення вихідної та модифікованої, зроблено порівняльний аналіз.

Впродовж перших хвилин дослідження осаджуються крупніші частинки з меншою питомою поверхнею. Експериментальні дані показують, що протягом трьох хвилин швидкість осадження твердих часток немодифікованих і модифікованих практично не відрізняється. Лише після вказаного часу чітко виявляються відмінності у поведінці часток дисперсної фази. Для немодифікованої золи винесення співвідношення початкової швидкості і швидкості частинок, що осаджуються в останні хвилини дослідження, складає як 1:0,4. Це ж співвідношення для модифікованої золи з 0,5% модифікатора складає 1:0,04, з 1% модифікатора – 1:0,05. При нанесенні модифікатора змінюється характеристика

поверхні твердої фази, що викликає значну зміну швидкості осідання немодифікованих і модифікованих часток дисперсної фази.

Наведені результати показують, що введення модифікатора при помелі, тобто механохімічна модифікація, є надійним засобом впливу при підготовці наповнювача. Як показали експериментальні дані, оптимальне одержання стійкої композиції досягається модифікацією золи винесення 0,5% етилсиліконату натрію, що забезпечить одержання високоякісної продукції.

Список використаних джерел:

1. Буравчук Н. И. Ресурсосбережение в технологии строительных материалов: учебное пособие / Н. И. Буравчук. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2009. – 224 с.
2. Гидрофобизация / А.А. Пашенко, М.Г. Воронков, Л.А. Михайленко, В.Я. Круглицкая, Е.А. Лаская. – Киев: Наук. думка, 1973. – 240 с.
3. Кузнецов Ю.С., Таубе П.Р. Эффект адсорбционного понижения прочности при грубом измельчении брекчиевидных горных пород / Ю.С. Кузнецов, П.Р. Таубе // Сб. Структурообразование и органогенная коррозия цементных и полимерных бетонов. – Вып. 4. -1967. – С.57-65.

UDC 621.762.4

A.A. GONCHARUK, Ph. D., ass. prof.; A.M. LUTAI, sen. lect.;
E.E. NIKITIN; V.U. BALICKIY

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorskiy Kyiv Polytechnic institute”

LASER SINTERING OF MODIFIED CBN GRAINS

Повідомляються результати досліджень впливу параметрів лазерного опромінення з довжиною хвилі $\lambda=1,06$ μm на міцність модифікованих зерен КНБ та фізико-механічні властивості композитів інструментального призначення. Визначено області оптимальних режимів при яких забезпечується формування абразивного шару відповідної геометрії при гарантованому зберіганні міцностних показників шліфпорошків КНБ.

Сообщаются результаты исследований влияния параметров лазерного облучения с длиной волны $\lambda=1,06$ μm на прочность модифицированных зерен КНБ формирование и физико-механические свойства композитов инструментального назначения. Определены области оптимальных режимов, при которых обеспечивается формирование абразивного слоя соответствующей геометрии при гарантированном сохранении прочностных показателей шлифпорошков КНБ.

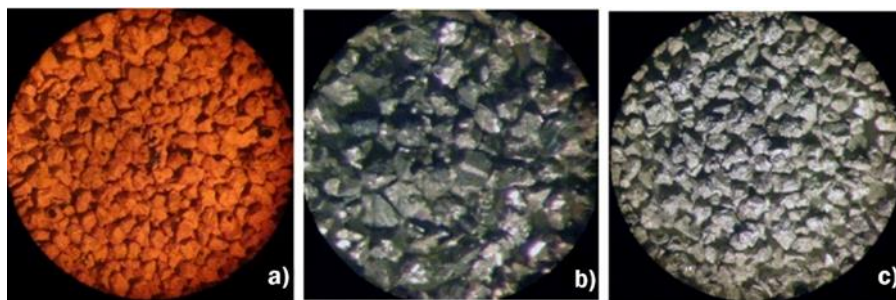
Conditions and parameters of laser forming on the surface of composite tools and abrasive tools by means of laser irradiation at different wavelengths were investigated in this paper.

Keywords: laser sintering, abrasive tools, cubic boron nitride.

The key parameters that determine physical and chemical processes in surface layer at laser sintering of composites from super-hard materials are temperature, irradiation time and processing speed. These parameters depend on the properties of laser beam, powder mixture and technological factors. The main goal of laser sintering is to manufacture the composite layer with pre-defined physical, mechanical and exploitation properties. All these factors are interconnected and it is necessary to understand their mutual influence on the processing results. In this case it would be possible to develop the technological processes that would result in manufacturing of reliable composite tools.

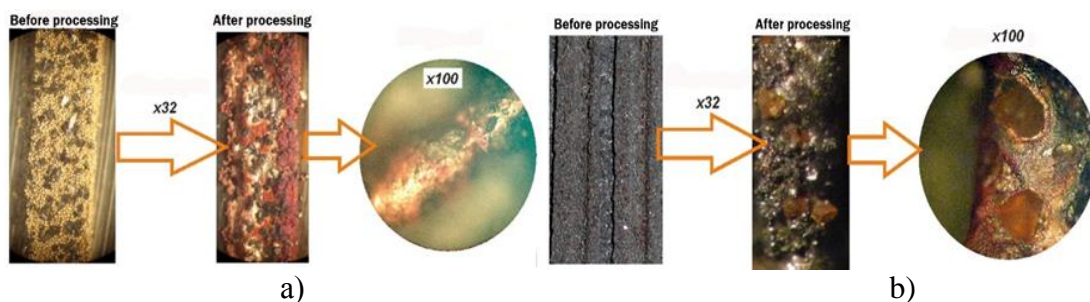
It was established [1,2], that CBN grains, depending on the quality of their manufacturing, absorb laser irradiation quite efficiently ($\lambda=10,6$ microns – 60-70%; $\lambda=1,06$ microns – 70-80%). When the mixture of CBN grains and bonding material is heated with laser beam – the CBN grains lose their strength. To lower the thermal influence of laser beam and to increase the wettability of grain surface it was decided to apply metal coating of CBN grains [3,4].

For the investigation of side effects of laser irradiation on the strength of CBN grains they were vacuum-coated with copper, nickel and titanium [5] for better protection and fixation of grains within the bonding layer (Fig. 1, 2). Clads, that were laser sintered on a graphite surface, were dissolved in nitric acid in order to separate the CBN grains that were later investigated using techniques mentioned in [1]. Strength characteristics of vacuum-coated grains before and after laser processing are shown in Fig. 3.



a) Cu-coated (58,5%); b) Ti-coated (1%); c) Ni-coated (64%)

Fig. 1. CBN monocrystal with metal coating

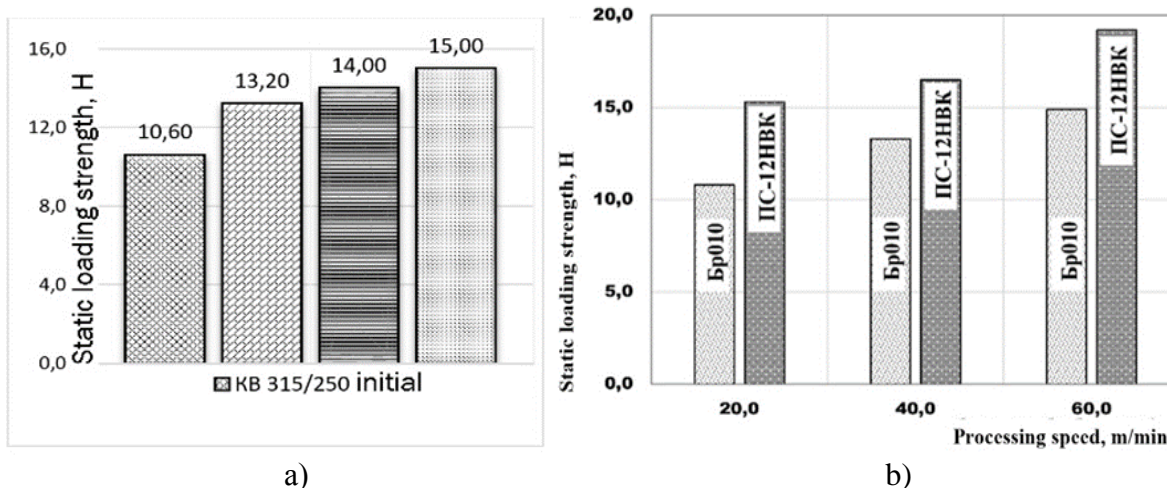


a) Bp010+KB315/250: P=300 W; $d_0=3$ mm, $v=0,4$ m/min;

б) ПС-12Н-ВК+К9250/200: P=500 W; $d_0=3$ mm; $v=0,1$ m/min; Ar=7 l/min

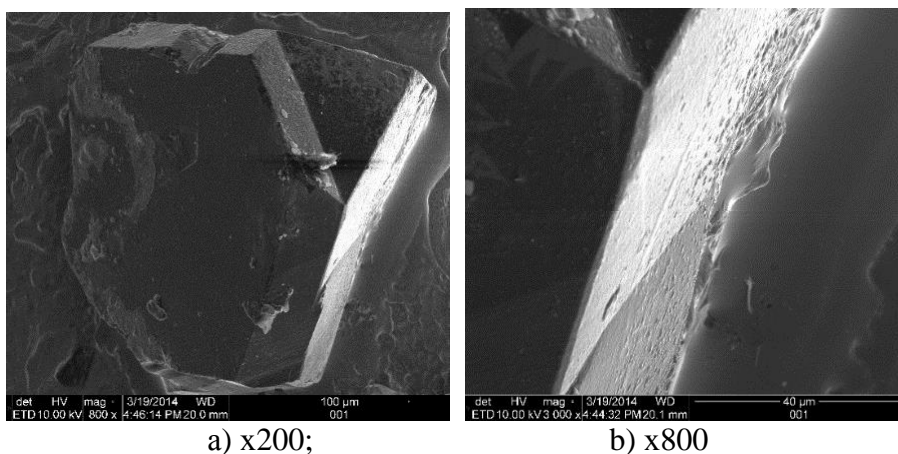
Fig. 2. Images of composite layer processed at $\lambda= 1,06$ microns

When the strength of CBN grains etched from the ПС-12НВК powder mixture was measured, it was noticed that there is an increase in strength of CBN grains that were coated with Ni in comparison with untreated grains. The thickness of Ni layer on CBN grain grows and this is due to the migration of Ni from powder mixture on the grain surface. Its share increases from 64 to 150 percent.



a) mixture of coated CBN grains of KB 315/250 types
 b) etched KB 315/250 grains vacuum-coated with nickel from the Бр010 and ПС-12НБК powder mixture irradiated with laser beam at wavelength $\lambda=1,06$ microns: $d_0=1$ mm, $v=20 - 60$ mm/xB, $P=200$ W, $Ar=14$ l/min

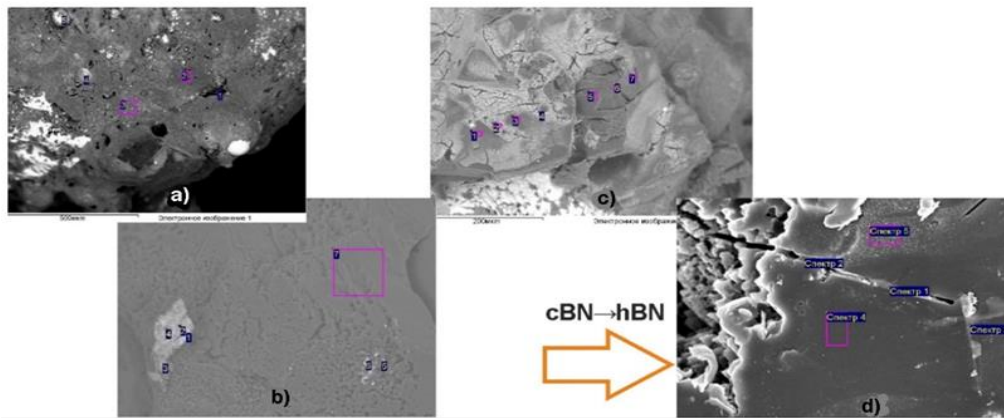
Fig. 3. Static strength of KB 315/250 grains



a) x200; b) x800
 Fig. 4. SEM image of CBN grain KB 315/250 vacuum-coated with Ni sintered with ПС-12НБК ($\lambda=1,06$ microns, $P=500$ W; $d_0=3$ mm; $v=0,1$ m/min; $Ar=7$ l/min).

The majority of CBN grains were well immersed in the bonding material and this effect significantly increases the exploitation properties of composite (Fig.4).

At indirect irradiation the processing regimes shift into the “harsh” zone with no significant loss in strength on CBN . It could be seen from the results of SEM analysis that the appearance of micro-cracks on grains and the initiation of cBN→hBN phase changes when sintering is done at scanning speed of 0,6-0,8 m/min, laser beam power 800 W and laser beam focal spot - 3 mm. It means that it is possible to use bonding materials with melting points higher than 1500°C. SEM analysis confirms the presence of the crystal-like structure of CBN and strength measurements also correlate with data from SEM analysis (Fig.5).



a) $P=500$ W, $v=0,1$ m/min, $d_0=3$ mm, $Ar=7$ l/min; b) $P=800$ W, $v=0,4$ m/min, $d_0=3$ mm, $Ar=7$ l/min; c) crack appearance: $P=800$ W, $v=0,6$ m/min, $d_0=3$ mm, $Ar=7$ l/min; r) partial phase change $cBN \rightarrow hBN$: $P=800$ W, $v=0,8$ m/min, $d_0=3$ mm, $Ar=7$ l/min
 Fig. 5. Influence of laser beam on CBN grains KB 250/200 sintered with ПС-12H-BK at $\lambda=1,06$ microns

Laser beam influence on properties of CBN grain was investigated and optimal technological parameters of laser irradiation of CBN grains were established (power density $W_p=(1.6...2.0) \times 10^3$ W/cm², grain irradiation time - 0,2-0,3 sec depending on the size of sintered layer). With these parameters, the temperature interval of heating is kept within a range of 1000-1200°C, and there is no negative thermal influence on CBN grains. There was developed a highly-efficient process of laser sintering of CBN-contained abrasive tools with different geometry, abrasive powder properties. It is also possible to perform selective laser sorting and selective laser modification of CBN powders.

References:

1. Goncharuk O.O. Vpliv lazernogo oprominennya z dovezhinoyu khvili 1,06 mkm na fazoviy sklad i mitsnist' CBN / Skhidno-Evropeys'kiy zhurnal peredovikh tekhnologiy. – 2012. – № 6/3 (8). – S. 3-4.
2. Goncharuk O.O. Vpliv lazernogo oprominennya z riznoyu dovezhinoyu khvili na mitsnistni kharakteristiki kubichnogo nitridu boru / O.O. Goncharuk, L.F. Golovko, O.D. Kaglyak. // Visnik Natsional'nogo tekhnichnogo universitetu «KhPI». Zbirnik naukovikh prats'. – Kharkiv: NTU «KhPI» – 2012. – №33 – S. 37-44.
3. Patent na korisnu model' 63067 Ukraïna, MPK S23S 28/00. Sposib vigotovlennya nadtverdikh abraziviv z pokrittyam / O.O. Goncharuk, L.F. Golovko, Skuratovskiy A.K., Novikov M.V., Sorochenko V.G., Shepelyav A.O. (Ukraina). – u201102529; zayavl. 03.03.2011; opubl. 26.09.2011, byul.№18. – 4 s.
4. Patent na korisnu model' 63066 Ukraina, MPK B24D 3/00. Sposib vigotovlennya poroshkiv iz sintetichnikh nadtverdikh materialiv / O.O. Goncharuk, L.F. Golovko, Skuratovskiy A.K., Novikov M.V., Sorochenko V.G., Shepelyav A.O. (Ukraina). – u201102527; zayavl. 03.03.2011; opubl. 26.09.2011, byul.№18. – 4 s.
5. Goncharuk O.O. Vliyanie lazernogo nagreva na prochnost' kubicheskogo nitrida bora pri staticheskom nagruzhennii / [O.O. Goncharuk, O.D. Kaglyak, L.F. Golovko] // Skhidno-Evropeys'kiy zhurnal peredovikh tekhnologiy. – 2010. – №1/6(43). – S. 4-10.
6. Vpliv modifikatsii poverkhni zeren nadtverdikh materialiv na fiziko-mekhanichni vlastivosti kompozitiv / [Golovko L.F., Goncharuk O.O., Lutay A.N., Sorochenko V.G.] // Materiali VI Mizhnarodna nauko-tekhnichna web-konferentsiya "Kompozitsiyni materialy", (m. Kiïv, 25.03-26.04, 2013 r.) : tezi dopovidy. – 2013. – S. 25-27.

Я.Н. ПИТАК, д.т.н., профессор; Г.В. ЛИСАЧУК, д.т.н., профессор;
А.П. ГРЕБЕНЮК; П.С. КОРАБЛЕВА

НТУ «Харьковский политехнический институт», Украина, Харьков

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ В СИСТЕМЕ SrO – TiO₂ – SiO₂

Проведен термодинамический анализ реакций и установлены сосуществующие фазы в системе SrO – TiO₂ – SiO₂.

Проведений термодинамічний аналіз реакцій і встановлені співіснуючі фази в системі SrO – TiO₂ – SiO₂.

The performed thermodynamic analysis of reactions and phase coexisting installed in the system SrO - TiO₂ - SiO₂.

Одним из перспективных направлений развития радиоэлектроники, аэрокосмической и электронной техники является разработка технологии и синтез специальных керамических материалов с высокими эксплуатационными характеристиками (физическими, химическими, механическими, электрофизическими, оптическими и др.) на основе композиций многокомпонентных оксидных систем, включающих такие оксиды как TiO₂, SrO. Одной из таких является система SrO – TiO₂ – SiO₂. Данных по строению этой системы нами в литературе не обнаружено. Поэтому для определения пар сосуществующих фаз проведен термодинамический анализ следующих реакций, протекание которых возможно в системе SrO – TiO₂ – SiO₂:

1. $SrSiO_3 + TiO_2 = SrTiO_3 + SiO_2$
2. $Sr_2SiO_4 + SrTiO_3 = Sr_2TiO_4 + SrSiO_3$
3. $Sr_3TiO_5 + Sr_2SiO_4 = Sr_3SiO_5 + Sr_2TiO_4$
4. $Sr_3Ti_2O_7 + SrSiO_3 = Sr_2SiO_4 + 2SrTiO_3$
5. $Sr_3Ti_2O_7 + Sr_3SiO_5 = 2Sr_2TiO_4 + Sr_2SiO_4$
6. $Sr_2TiO_4 + SiO_2 = SrTiO_3 + SrSiO_3$
7. $Sr_3Ti_2O_7 + SiO_2 = 2SrTiO_3 + SrSiO_3$

Изменение свободной энергии Гиббса при температурах 300 К, 1000 К и 1500 К (табл.).

Таблица - Свободная энергия Гиббса для исследуемых реакций

№ реакции	ΔGt, Кдж/моль		
	300 К	1000 К	1500 К
1	-11563	-17351	-27718
2	64931	19230	-130592
3	-97439	-316370	-608692
4	-253352	-337228	-412400
5	-117848	-385036	-679743
6	-115123	-26348	84443
7	-303575	-385240	-458564

Анализ данных таблицы для реакций 1,3,4,5,7 показывает, что сосуществуют следующие пары фаз: $\text{SrTiO}_3 + \text{SiO}_2$, $\text{Sr}_3\text{SiO}_5 + \text{Sr}_2\text{TiO}_4$, $\text{Sr}_2\text{SiO}_4 + \text{SrTiO}_3$, $\text{Sr}_2\text{TiO}_4 + \text{Sr}_2\text{SiO}_4$, $\text{SrTiO}_3 + \text{SrSiO}_3$. Анализ реакции 2 показывает, что при температуре ниже ~ 1000 К сосуществуют $\text{Sr}_2\text{SiO}_4 + \text{SrTiO}_3$, а при температуре выше ~ 1000 К сосуществуют $\text{Sr}_2\text{TiO}_4 + \text{SrSiO}_3$. Данные реакции 6 показывают, что при температуре ниже ~ 1100 К сосуществуют $\text{SrTiO}_3 + \text{SrSiO}_3$, а при температуре выше ~ 1100 К сосуществуют $\text{Sr}_2\text{TiO}_4 + \text{SiO}_2$.

Полученные данные позволят провести триангуляцию системы $\text{SrO} - \text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$ и определить области наиболее перспективные для производства керамики специального назначения. Эти данные также будут полезны при рассмотрении строения многокомпонентных систем, включающих данную трехкомпонентную систему.

UDC 621.375.826

A.M. LUTAI, sen. lect.; A.A. GONCHARUK, Ph. D., ass. prof.; V.A. TIMOSHENKO

National technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute. Igor Sikorsky"

THE INFLUENCE OF LASER RADIATION ON THE STABILITY OF CUBIC BORON NITRIDE

Results x - ray and electron diffraction analysis KNB after a direct laser irradiation and KNB a part composite are resulted. The diagramme of dependence of phase structure of nitride of a pine forest depending on parametres of laser radiation is constructed. It is shown that composite sintering has not affected phase structure of powder KNB.

Technological capabilities grinding using an abrasive material cubic boron nitride (CBN, cBN) are based on the unique physical, mechanical, chemical and thermal properties of CBN. High hardness (60...80Гпа HV), fracture toughness ($K_{1c} = 3,0...6.8 \text{ MPa}\cdot\text{M}^{1/2}$) and Teploseti (initial microhardness is maintained until $T=1650\text{K}$) allows you to grind difficult to machine materials at high cutting speeds. The young's modulus (E) NSC is equal to 800...910Гпа. With this value of E grain CBN retain a sharp cutting edge even when processing hard materials. NSC has a range advantage compared to a diamond. So in the processing of iron-based alloys tool wear on the basis of CBN is much lower wear of the diamond tool. One of the reasons is that when using grinding wheels based on CSS completely eliminates the wear mechanism of the eutectic. Its essence is that in places of contact of the diamond and iron when the temperature reaches the eutectic in the system $\text{Fe} - \text{C}$ phase occurs rarely layer, dissolves the

cutting edge of the grain. High chemical affinity of iron to carbon intensifies mechanisms of diffusion and adhesion wear. For the same reason, abrasives based on diamond intensive wear in machining of titanium alloys and Nickel. Thus, work aimed at the development of the abrasive tool on the basis of the current KNB.

For the manufacture of tools on the basis of CSS use different technologies. In this paper, we study the process of sintering of grinding wheels using laser radiation. Laser sintering of grinding wheels containing cBN has a number of advantages in comparison with other methods of sintering. But, the analysis of the interaction of laser radiation with a multiphase composite that is composed of fragile parts, indicates that several processes that can adversely affect technological properties of the grinding wheel. First. The rigidity of the heat cycle characteristic of laser processing, resulting in the heat affected zone (HAZ) a significant level of temporary thermal stresses that can cause cracks or complete destruction of the CBN grains. The consequence of this process is the formation of new cutting edges, which in turn, increases cutting forces and consequently the loss of grains from the bunch. Next. In numerous studies it has been shown that, if the temperature occurring in the contact zone of the diamond grains with the workpiece exceeds a critical value, the cubic phase contact zone is transformed into the hexagonal (graphite). During laser forming of abrasive tool grain CBN heat up as a result of absorption of radiation by the introduction of the abrasive composite, and as a result of heat exchange with a bunch. In addition to the heat transfer is sufficient probable diffusion elements of communication in the CNS and the evolution of its substructure. There is strong experimental evidence that the diffusion of carbon in the CNS contributes to the occurrence of phase transformation of cBN \rightarrow hBN. That is, the process of laser sintering of grinding wheels on the basis of NSC can initiate a phase transformation of cBN to other polymorphs - hBN, rBN, wBN, of which only the latter has mechanical properties comparable with the parameters of the CSS. So phase stability of cBN at all stages of the technological cycle of manufacturing of abrasive tools by laser sintering – the main condition for obtaining high-quality products. We emphasize that in the case of initiation of polymorphic transformations, the degree of completeness is not decisive factor in determining the quality of the instrument. Since the proportion of cBN is 1.5 times less than the specific weight of hBN, the appearance of the latest phase in an amount of about $\leq 10\%$ should lead to substantial stress. If grains of hexagonal phase have discopolo form, they can act as stress concentrators with tradingperiod formation or destruction of the abrasive grains.

The purpose of the work. The aim of this work is the definition of technological modes of laser sintering of tool composites based on CBN that provide phase stability of cBN and its source strength.

The materials and methods of research. Was studied CSS sluganski brand KB250/200, placed on the graphite substrate after the direct radiation of YAG:Nd – laser and grain CBN, which was part of the composite. The latter was pre-coated Nickel. X-ray diffraction studies were carried out on diffractometer DRON – 4 in the Juice and CuK α radiation. The registration of diffraction patterns was carried out in the discrete scanning mode with the step of 0,050 and exposure at each point of a duration of 3 sec. Shooting electronograms was conducted on electronography EMR – 100 at an accelerating voltage U=75 kV.

The results and their discussion. In Fig.1 shows a bar chart of the source powder brand KB250/200. Significantly, in addition to phase lines, identified as cBN with a period of the

crystal lattice $a=3,615 \text{ \AA}$, additional fixed reflection area 111 of the NSC (Fig.1 inset). Comparison with theoretical diffraction spec

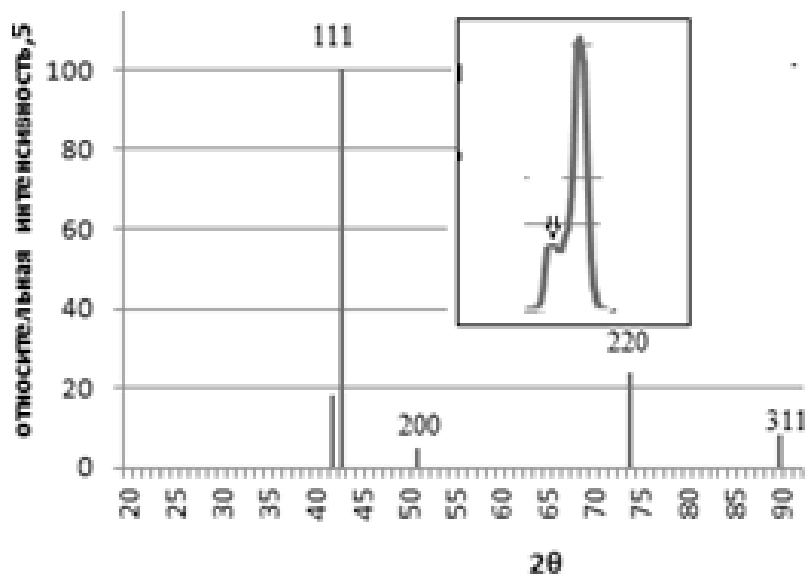


Fig. 1. Bar chart source source slipperily brand KB250/200 (CuK α radiation). The inset is the diffraction pattern of the close to the 111 reflection cBN lets put that reflection is marked by an arrow belongs to connection B13N2

Depending on the parameters of laser radiation in the phase composition of the powder, freely prominence than 4 phases: cBN, wBN, hBN and nitride B13N2 (Fig. 2)

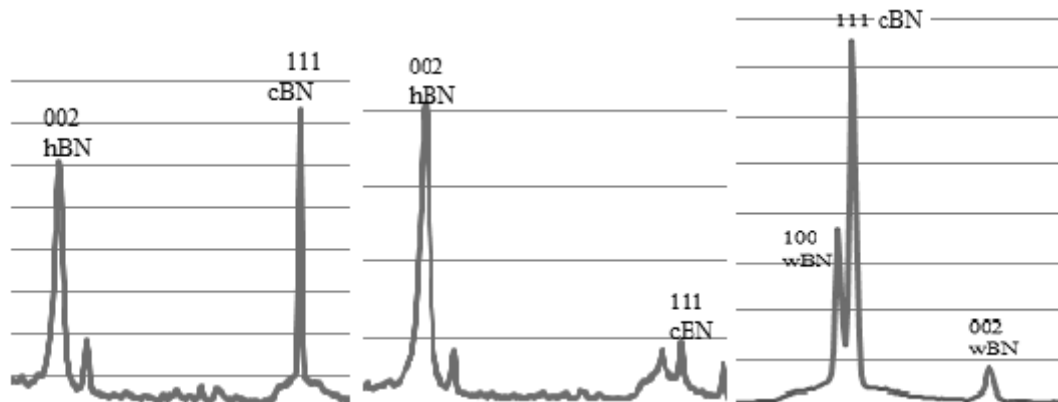


Fig.2. Parts of diffraction patterns of irradiated powder freely KB250/200
a –area b –area 4 c - area 2

Influence of energy parameters of laser radiation on the phase composition is shown in the generalized diagram (Fig.3). Significantly, the power density of the area of stability, hBN is insufficient to melt the connection in the formation of the composite. To reduce the heating temperature of the CBN grains during laser radiation o naplavlena on сталь3. Of formed cushion was seized grain CBN, which after further n the surface is deposited a layer of Nickel. Shielded Nickel KNB together with powder PG-12N-01.

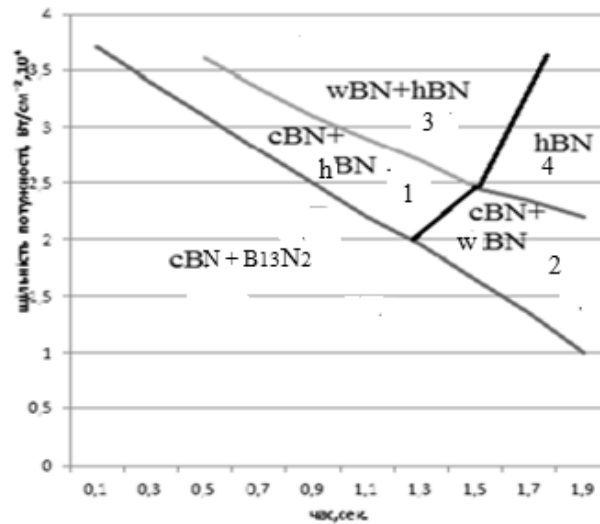


Fig. 3. The phase composition of the powder KB250/200 from the energy parameters of laser radiation naplavlena on steel 3.

Of formed cushion was seized grain CBN, which after additional processing was filmed on electronograph. In Fig.4 shows electronograms, the decoding of which is that the cubic phase of boron nitride has not undergone .polymorphic transformations during the formation of the composite.

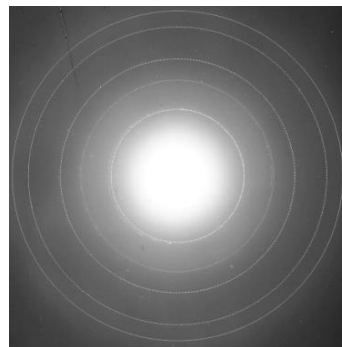


Fig.4. Electronograms seized CSS

Conclusions:

1. Discovered the threshold energy parameters in excess of which the laser radiation initiates polymorphic transformation by direct irradiation of the CNS.
2. The coating of CBN grains with Nickel ensures the stability of the cubic phase during laser sintering of the composite.

Д.О. ФЕДОРЕНКО; В.О. ФЕДОРОВИЧ, д.т.н., професор;
О.Ю. ФЕДОРЕНКО, д.т.н., професор; М.І. РИЩЕНКО, д.т.н., професор

НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна, Харків

СТВОРЕННЯ КЕРАМОМАТРИЧНИХ АЛМАЗНИХ КРУГІВ НА БАЗІ КОНЦЕПЦІЇ РАЦІОНАЛЬНОГО САМОЗАГОСТРЮВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ШЛИФУВАННІ

На основі запропонованої концепції проектування керамоматричних алмазовмісних композитів розроблено технологію виготовлення алмазних кругів та досліджено їх експлуатаційні характеристики.

На базе предложенной концепции проектирования керамоматричных алмазосодержащих композитов разработана технология изготовления алмазных кругов и определены их эксплуатационные характеристики.

On the basis of the proposed concept for the design of ceramic matrix diamond-containing composites, the diamond circles technology has been developed and their operational characteristics have been investigated.

Згідно запропонованій концепції створення алмазних кругів, що працюють в режимі самозагострення, стратегічний підхід при проектуванні складу алмазовмісного композиту полягає у науковому обґрунтуванні такого співвідношення основних компонентів алмазоносного шару (алмазних зерен, зв'язки, пор) та комплексу їх фізико-механічних і теплофізичних властивостей, які забезпечують цілісність алмазів та їх здатність до самозагострення при експлуатації алмазних кругів ще на етапі їх виготовлення.

Як відомо, керамічні зв'язки забезпечують експлуатацію алмазних кругів при зберіганні стабільно високого рівня їх ріжучої здатності впродовж порівняно тривалого часу. В межах даної роботи розглянута можливість створення керамоматричних алмазних кругів, здатних працювати в режимі раціонального самозагострення (відновлення ріжучих поверхонь алмазів та видалення відпрацьованих зерен з робочої поверхні інструменту).

Методологія досліджень базувалась на мікрорівневому 3D моделюванні напружено-деформованого стану моделі, яка з великою подібністю відтворювала структуру мікроділянки алмазоносного шару при спіканні та шліфуванні алмазно-абразивним інструментом (ААІ). В результаті імітаційного моделювання встановлені умови, які забезпечують цілісність алмазів при спіканні та їх самозагострення при шліфуванні. Зокрема, з урахуванням марки, зернистості та концентрації алмазів визначено комплекс фізико-механічних і теплофізичних властивостей керамічної зв'язки, допустиму температуру спікання алмазоносного шару, а також раціональне співвідношення його складових.

Розробка легкоплавкої керамічної зв'язки відбувалась на підставі прогностичної оцінки структурних особливостей, а також технологічних, теплофізичних і механічних властивостей оксидних композицій систем $PbO - B_2O_3 - SiO_2$, $Na_2O - PbO - SiO_2$, $Na_2O - B_2O_3 - SiO_2$. З урахуванням отриманих даних в результаті вирішення задачі оптимізації з урахуванням

прийнятих обмежень, на основі композицій системи $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, модифікованих оксидами Li_2O і TiO_2 , розроблено склад керамічної зв'язки із заданими властивостями, яка забезпечує спікання алмазоносного шару при температурі 600-620 °С.

Розроблена технологія виготовлення алмазних кругів на керамічних зв'язках передбачає варку скло компонента зв'язки при температурі 1100 °С; сухий помел фрити до розмірів часток ~50-60 мкм; змішування компонентів – алмазів, склопорошку, вторинного абразиву (SiC) і пластичної глини; компактування суміші під тиском 20 МПа у вигляді пластин та вільне спікання композиту при температурі 600 °С впродовж 30 хв.

Встановлено, що ступінь руйнування зерен при спіканні алмазоносного шару на легкоплавкій керамічній зв'язці не перевищує 10. Експериментально доведено, що штифти, виготовлені з використанням розробленого алмазовмісного керамоматричного композиту, відрізняються підвищеною ресурсністю та стабільною ріжучою здатністю завдяки мікроруйнуванню зерен та розвитку додаткових ріжучих поверхонь, що попереджає утворення площадок зносу та збільшує ресурс роботи зерен і ААІ в цілому.

УДК 666.9.035

SVIDERSKYI V.A.¹, PhD, professor, LUONG DUC LONG², PhD, associate professor,
TOKARCHUK V.V.¹, PhD, associate professor, FLEISHER H.U.¹, PhD, assistant,
TRUS I.M.¹, PhD, assistant

¹National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

²Vietnam Institute for Building Materials

THE INFLUENCE OF CHEMICAL ADMIXTURES ON THE CLINKER STORAGE LIFE

The goal of the article is to study the influence of well-known grinding aids and some alternative surfactants on the following clinker properties: specific surface area, sorption behavior (hygroscopicity), water repellency, and flowability. Experimental results show that the use of grinding aids causes grinding acceleration along with flowability decrease and hygroscopicity increase, thus leading to deterioration of the cement shelf life and some physical-mechanical properties. Use of special organic compounds as grinding aids is proposed. Molecules of these organic compounds should consist of a functional group and hydrocarbon chain that does not contain additional functional groups. The research work demonstrates that Sodium dodecylbenzenesulfonate satisfies these conditions and it can be successfully used as cement grinding aid.

Key words: clinker, chemical admixture, grinding aid, hygroscopicity, contact angle

Organic admixtures are widely used as grinding aids during the processes of dry and wet grinding of raw materials, mineral additives and cements. Grinding aids help to solve following tasks: 1) to increase significantly mill output at a determined fineness of cement; 2) to increase fineness at a constant output or increase both fineness and output simultaneously; 3) to enhance particle size distribution at a constant specific surface area; 4) to increase separation efficacy; 5) to improve cement flowability. These tasks may be solved by means of small amounts (up to 0.1 wt. %) of organic compounds. However, even tiny amounts of grinding aids have significant

influence on the following cement properties: hygroscopicity, flowability, rheology of the fresh cement paste, kinetics of hydration [1-4].

The following chemically pure organic compounds were used for investigation: 2-propanol, ethylene glycol, propylene glycol, triethanolamine, oleic acid and Sodium dodecylbenzenesulfonate. The influence of the admixtures on the clinker properties was estimated by hygroscopicity and contact angle. Since the clinkers obtained have different values of the specific surface area and hygroscopicity, coefficient of hygroscopicity ($G \cdot 10^{-3} \text{ sm}^2$) is used to simplify the comparative analysis. The coefficient is calculated as a ratio of the specific area (sm^2/g) to the moisture content of 1 g of the clinker (g). The higher the coefficient, the lower the clinker hygroscopicity (Table 1 and 2).

The general trend is a decrease of the coefficients of hygroscopicity with an increase of the admixtures concentrations. Altogether, triethanolamine, oleic acid and Sodium dodecylbenzenesulfonate enhance the storage life of the clinkers. The others have negligible positive influence or, on the contrary, increase the hygroscopicity of the clinkers.

Table 1 – Coefficient of hygroscopicity of clinkers

Grinding aid	Coefficient of hygroscopicity, $G \cdot 10^{-3}$, sm^2 , at grinding aid concentration, wt. %			
	0,00	0,05	0,10	0,15
2-Propanol	31,9	28,8	28,6	30,9
Propylene glycole	31,9	33,2	29,6	25,9
Ethylene glycole	31,9	32,9	31,1	25,4
Triethanolamine	31,9	35,8	32,1	30,6
Oleic acid	31,9	94,5	78,5	74,5
Sodium dodecylbenzenesulfonate	31,9	122,0	133,5	148,4

Among all the grinding aids studied only oleic acid gives water repellent properties to the clinkers, while the others increase the water contact angles but do not give them water repellent properties.

Table 2 – Water repellency of clinkers

Grinding aid	Water contact angle, θ , degree, at grinding aid concentration, wt. %			
	0,00	0,05	0,10	0,15
2-Propanol	42	46	46	39
Propylene glycole	42	87	81	71
Ethylene glycole	42	60	60	61
Triethanolamine	42	88	84	84
Oleic acid	42	115	128	132
Sodium dodecylbenzenesulfonate	42	86	82	84

Among chemical admixtures it is rational to choose the ones with a functional group and long hydrocarbon chain that does not contain additional functional groups. The present research work demonstrates that Sodium dodecylbenzenesulfonate satisfies these conditions and it can be successfully used as cement grinding aid.

References:

1. SERAFIN, F.G. Method of grinding a hydraulic cement, US 4,711,401. Dec. 8, 1987.
2. VALLE, J. Cement grinding aid composition, US 4,828,624. May 9, 1989.
3. ALLAHVERDI, A., BABASAFARI, Z. (2014) Effectiveness of triethanolamine on grindability and properties of Portland cement in laboratory ball and vibrating disk mills. *Ceramics – Silikaty*. 58 (2). p. 89-94.
4. CHEUNG, J.H., CARTNER, E.M. Grinding aid composition and cement product, US 5,429,675. Jul. 4, 1995.

СЕКЦІЯ №2
КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРІВ
(МАТЕРІАЛИ, ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, ВИРОБИ)

Е.А. ПАЩЕНКО, д.т.н., професор; О.В. ЛАЖЕВСКАЯ, к.т.н.; Д.А. САВЧЕНКО, к.т.н.;
А.Н. ЧЕРНЕНКО, А.А. СВЯТЧЕНКО, К.В. КУЧЕРЕНКО

Институт сверхтвердых материалов им. В.М. Бакуля НАН Украины, Киев

СИНТЕЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ БОРОФОСФАТНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ АБРАЗИВНЫХ КОМПОЗИТОВ

Описана методика получения неорганических олигомеров на основе производных фосфорной и борной кислот, пригодных для использования в качестве связующих для абразивных композитов.

Описана методика отримання неорганічних олігомерів на основі похідних фосфорної та борної кислот, придатних для використання як зв'язуючих для абразивних композитів.

A procedure for the preparation of inorganic oligomers based on phosphoric and boric acid derivatives suitable for use as binders for abrasive composites is described.

Ключевые слова: борофосфатные олигомеры, керамические связующие, полимероподобные неорганические вещества.

В качестве основы новых связующих для изготовления композитов из порошков алмаза и КНБ, сочетающих преимущества абразивных инструментальных материалов на основе полимерных и керамических связок, были выбраны полимероподобные неорганические олигомеры системы В–Р–О. С помощью таких связующих можно получать абразивные композиты, которые по технологии изготовления аналогичны полимерным материалам, а по структуре и комплексу физико-механических свойств относятся к керамическим композитам. Функциональные свойства инструмента на таких связующих не уступают лучшим образцам кубонитового и алмазного инструмента на основе как полимерных, так и керамических связующих. Инструмент на подобном связующем можно использовать для замещения импортных аналогов на керамической связке, например, при обработке деталей авиационного двигателестроения из жаропрочных сплавов. Технология получения подобных связующих лежит в основе одной из энергосберегающих технологий изготовления абразивных композитов.

Неорганические олигомеры системы В–Р–О, используемые в качестве связующих для абразивных композитов, получали путем взаимодействия ортофосфорной и борной кислот с модифицирующими добавками соответствующих солей металлов. В качестве добавок при получении связующего использовали соли цинка, калия, меди, бария и тонкодисперсный SiO_2 .

Первый путь получения связующего был связан с предварительным взаимодействием водных растворов ортофосфорной и борной кислот, последующим добавлением солей металлов и выдержкой реакционной системы для последующего совмещения связки с наполнителями перед формированием изделий. Для уменьшения газовой выделения и разогрева смеси до температуры 60°C добавки солей в смесь водного раствора ортофосфорной и борной кислот вводили постепенно. Время выдержки составляло 24 часа. Однако вследствие газовой выделения объем реакционной смеси увеличивался в 2–3 раза.

Усиленный гидролиз и газовыделение препятствовали образованию цепочечных олигомеров в реакционной смеси, преимущественно способствуя образованию

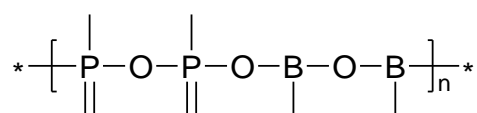
тугоплавкого соединения BPO_4 , не пригодного в качестве связующего для композиционных материалов.

Для предотвращения такого нежелательного эффекта в качестве реакционной среды использовали гидроксилсодержащие олигомеры (в частности, расплав полиэтиленгликоля).

Для получения олигомеров растворяли ортофосфорную кислоту в расплаве полиэтиленгликоля при температуре $70\text{ }^\circ\text{C}$, после чего в расплав добавляли борную кислоту, предварительно частично дегидратированную в атмосфере сухого азота при температуре $60\text{ }^\circ\text{C}$. Затем вводили модифицирующие добавки (соли металлов) при температуре $100\text{--}300\text{ }^\circ\text{C}$. После выдержки (0,5–4 часа) образованные олигомеры охлаждали и промывали диоксином для удаления продуктов конденсации и полиэтиленгликоля.

В качестве продуктов реакции получали полимерообразные цепочечные молекулы в системе В–Р–О, стабилизированные относительно гидролитических процессов наличием ионов Cu , Ca , Zn , Ba .

В растворах борофосфатные олигомеры могут содержаться в виде линейных, циклических и разветвленных молекул. При использовании фосфатов и боратов металлов как составляющих реакционной системы равновесие смещается к образованию макромолекул с разветвленным строением. Строение линейных олигомеров можно представить в виде модели:



Молекулярно-массовое распределение олигомеров в исследуемых системах исследовали методом хроматографии. Результаты исследования особенностей взаимодействия борной и фосфорной кислот в среде полиэтиленгликоля при разном соотношении оксидов фосфора и бора в виде ненормированных кривых молекулярно-массовых распределений показаны на рис. 1.

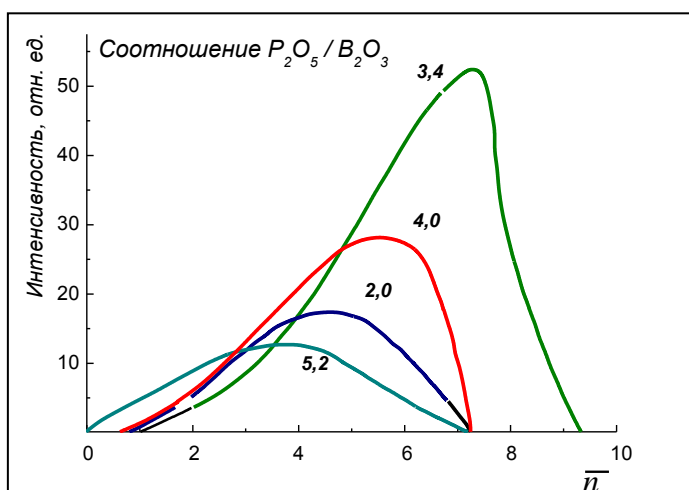


Рис. 1. Молекулярно-массовое распределение борофосфатных олигомеров, легированных ионами Ba^{2+} , в линейных молекулах различной длины при разном соотношении оксидов фосфора и бора

Более гибкое регулирование молекулярно-массового распределения получаемых олигомеров возможно при вводе в реакционную среду органических активаторов – алкиламинов.

Д.В. БАКЛАН; В.А. ДУДКО; О.В. МИРОНЮК, к.т.н.

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ ВОЛОКНИСТИХ НАПОВНЮВАЧІВ

Дана робота присвячена розгляду методики встановлення енергетичного стану та кутів змочування волокнистих матеріалів рідинами. Запропонований підхід до встановлення вказаних параметрів базується на методі Вільгельмі. На прикладі вуглецевого та кремнеземного волокон показана відтворюваність результатів визначення кута змочування матеріалів водою.

Данная работа посвящена рассмотрению методики установления энергетического состояния и углов смачивания волокнистых материалов жидкостями. Предложенный подход к установлению указанных параметров базируется на методе Вильгельми. На примере углеродного и кремнеземистого волокон показана воспроизводимость результатов определения угла смачивания материалов водой.

This paper considers the method of establishing the surface energy and contact angles of fibrous materials. The proposed approach to determination of this parameter is based on the Wilhelmy method. At the case of carbon fibers and siliceous fibers it was shown the reproducibility of materials water contact angles determination.

Ключові слова: поверхнева енергія, метод Вільгельмі, кут змочування, вуглецеве волокно, кремнеземне волокно.

Взаємодія на межі поділу фаз в композиційних матеріалах відіграє значну роль в формуванні їх структури, фізико-механічних та фізико-хімічних властивостях. За рахунок регулювання ступеня взаємодії між поверхнею наповнювача та матрицею можливе збільшення строку служби та стійкості до динамічних навантажень композитів і, в певній мірі, їх міцнісних характеристик. Окрім того, змочування наповнювача полімерною матрицею є важливою технологічною задачею і при низькій фазовій спорідненості є надзвичайно ускладненим процесом. Ці фактори обумовлюють необхідність прогнозування спорідненості між високомолекулярною матрицею та поверхнею наповнювачів.

На даний час існує ряд методів для оцінки такої взаємодії, більш точні з яких полягають у створенні модельних композитів та визначення адгезійної міцності між фазами шляхом навантаження окремих волокон. Не дивлячись на високу кореляцію результатів цього методу з реальною міцністю композицій, існують відомості про те, що одержані значення не характеризують власне адгезійну міцність, а є комплексним параметром, у визначенні якого мікрореологічні властивості полімерної матриці під час деформації відіграють вирішальну роль [1]. Це ставить під сумнів можливість використання даних результатів для прогнозування інших (не міцнісних) властивостей композитів а також планування технологічного процесу диспергування наповнювачів.

В основі підходу оцінки змочування поверхні наповнювачів полімером лежить модель поверхневої енергії Оуенса-Вендта. В роботі [2] попередньо було показано, що знаючи значення поверхневої енергії полімерної матриці та наповнювача можливо спрогнозувати значення кута змочування в цій системі, і за рахунок чого, розрахувати величину міжфазної адгезії.

Для використання цього підходу необхідно одержати експериментальні значення кутів змочування поверхонь рядом пробних рідин. Це не представляє складності в тому

випадку, коли поверхні плоскі і кут може бути вимірний методом сидячої краплі. У випадку, коли матеріал в порошковій формі може бути використаний метод тонкостінного просочування з наступними розрахунками за рівнянням Уошбурна. Труднощі виникають при визначенні цих величин для волокнистих матеріалів, волокна яких мають діаметр до 200 мкм і є порівняно довгими ($l/d > 5$), що не дозволяє використовувати останній метод.

Метою даної роботи є встановлення можливості вимірювання кута змочування волокнистих матеріалів (вуглецевих та скляних волокон) за допомогою модифікованого методу Вільгельмі.

Для перевірки методики використовувалося вуглецеве та кремнеземне волокно марок Карболон-22 та КР-11(6). Випробування проводили з використанням аналітичних терезів з точністю до 0,0001 г, які були удосконалені вузлом для плавного вертикального переміщення дослідного зразка. В якості пробних рідин було використано дистильовану воду, бензиловий спирт та циклогексанон.

Вимірювання кута змочування проводилося наступним чином: з поліпропілену було виготовлено кріплення для волокон у вигляді виделки з вертикальним розташуванням волокна. До проведення випробувань за методом Вільгельмі визначалася сила капілярного натягу по периметру кріплення (F_k). Після закріплення волокна, система приводилася в контакт з поверхнею рідини і за рахунок вузла переміщення, витягувалася з поверхні. Максимальне зусилля, яке при цьому виникало фіксувалося в якості сили капілярного зв'язування системи (F). Випробування проводилися при температурі 18°C, відповідні значення поверхневого натягу рідин σ взяті з довідника [3].

Розрахунки косинусу кута змочування проводилися за формулою (1):

$$\cos\theta = \frac{F - F_k}{\sigma \times l} \quad (1)$$

l – периметр змочування, для випадку що розглядається дорівнює подвійній довжині волокна в зажимі.

Результати оцінки кута змочування вуглецевого волокна та кремнеземного волокна водою становлять 56 та 23°. Ці дані збігаються з результатами авторів [4], [5]. Відносна похибка вимірювання за методом становить не більше ± 3 % при умові, що кількість вимірювань для одержання середнього значення становить 10.

Встановлено, що поверхнева енергія вуглецевого волокна становить 43,8 мН/м, її дисперсна складова становить 20,9, а полярна – 22,9 мН/м.

Одержані значення вказують на те, що даний метод може бути застосований для вирішення задачі вимірювання енергетичного стану поверхні волокнистих матеріалів з достатньою точністю. В ході роботи помічено, що відтворюваність та точність методу визначається такими факторами як використання чистих рідин, що помітно не випаровуються в ході експерименту, чистотою пробних рідин, плавністю витягування пластин з поверхні рідини (інерційність вимірювання).

Таким чином, результатом роботи є підтвердження застосовуваності запропонованого методу визначення енергетичних параметрів поверхні волокнистих матеріалів. Цей метод є простим у виконанні та апаратурному оформленні в порівнянні з, наприклад, методом мікрокрапель.

Список використаних джерел:

1. V. Dutschk. "Fundamental" and "practical" adhesion in polymer-fiber systems / V. Dutschk, E. Pisanova, S. Zhandarov. // *Mechanics of Composite Materials*. – 1998. – №34. – С. 310–320.
2. Особенности оценки смачивания полимерных поверхностей / А. В. Миронюк, А. В. Придатко, П. В. Сиволапов, В. А. Свицерский // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. - 2014. - № 1(6). - С. 23-26.
3. Краткий справочник физико-химических величин. Издание девятое/Под ред. А. А. Равделя и А. М. Пономаревой.— СПб.: Специальная Литература, 1998.—232 с.: ил.
4. Qiu S. Wettability of a Single Carbon Fiber / Qiu S, Fuentes CA, Zhang D. // *Langmuir*. – 2016. – №32. – С. 9697–705.
5. Yuehua Yuan. Contact Angle and Wetting Properties / Yuehua Yuan, T. Randall Lee // *Surface Science Techniques* / Yuehua Yuan, T. Randall Lee. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2013. – (Springer Series in Surface Sciences; т. 51). – С. 3–34.

УДК 621.365:667.6

В.А. СВИДЕРСЬКИЙ, д.т.н., професор; Л.І. МЕЛЬНИК, к.т.н.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, Київ

РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СИСТЕМИ ПОЛІОРГАНОСИЛОКСАН – ГРАФІТ

Наведено результати дослідження реологічних властивостей систем поліорганосилоксан – графіт. Показано, що залежність в'язкості систем ПОС - графіт від напруги визначається концентрацією наповнювача, його фізико-хімічними властивостями, інтенсивністю і тривалістю механоактивацій, видами зв'язуючого. Введення структуруючих та спеціальних добавок (1 мас.% аеросилу або ТРГ) сприяє інтенсифікації процесів структуроутворення в дослідних системах.

Ступінь завершення протікання фізико-хімічних процесів взаємодії між графітами та ПОС суттєвим чином впливає і на реологічні властивості даних систем. При цьому до уваги слід прийняти і досить значні відмінності у властивостях поверхні природних графітів (особливо в частині змочування неполярними рідинами) [1]. Тому слід очікувати, що формування адсорбційно-коагуляційної структури в системі графіт – поліорганосилоксан буде визначатися впливом низки факторів. Серед яких окрім відмічених вище роль відіграє вид і концентрація інгредієнтів.

Розчини полімерів і олігомерів, що використовуються в якості зв'язуючого в лакофарбових композиціях, є складними системами, особливості структури і властивості

яких обумовлені різними по природі конкуруючими взаємодіями між функціональними групами молекул одного або різних типів. Під структурою розчинів полімерів розуміють взаємне розташування макромолекул, їх ланок, більш складних надмолекулярних утворень полімерів і молекул розчинника. В таких системах підвищення швидкості деформації може призводити до непропорційно різкої зміни в'язкості. Тобто системи мають тиксотропні властивості. Ступінь тиксотропності залежить від природи розчинника, концентрації полімеру, температури, співвідношення полімеру і наповнювача.

Дослідження залежності в'язкості кремнійорганічних зв'язуючих показали, що без наповнення вони ведуть себе майже як ньютонівські рідини. Характер течії композицій на основі графітів різних марок, які були отримані шляхом тривалого помелу в кульовому млині, теж близький до ньютонівського в області низьких швидкостей зсуву та малого вмісту наповнювача. Аномалія в'язкості зростає при високих швидкостях зсуву. Збільшення вмісту наповнювача супроводжується зміною форми кривих течії, що відповідає появі межі текучості. Це свідчить про виникнення в композиції коагуляційної структури з утворенням просторового каркасу з частинок наповнювача, розділених тонким прошарком зв'язуючого (рис. 1, 2).



Рис. 1. Вплив концентрації графіту марки ГЛС-1 на структуроутворення в системах: ПМФС + графіт (1) і ПМФС+графіт+1мас.% аеросилу (2)



Рис. 2. Вплив концентрації графіту марки ГАК-2 структуроутворення в системах: ПМФС + графіт (1) і ПМФС + графіт + 1 мас.% ТРГ (2).

Ці загальні реологічні характеристики характерні для системи ПОС - графіт, незалежно від виду та концентрації їх компонентів. Разом з тим для досліджених систем відмічено ряд особливостей. Це в першу чергу стосується виду графіту. Використання графіту марки ГАК-2 дозволяє отримати на основі ПМФС більш стабільні в реологічному відношенні системи. Підтвердженням цьому являється його менша в порівнянні з ГЛС-1 концентрація, для отримання петлі гістерезису на реологічних кривих залежності ефективної в'язкості від напруги зсуву з площею яка на 60-70 % перевищує аналогічну у вихідного ПМФС.

Введення структурних і спеціальних добавок (1 мас.% аеросилу або терморозширеного графіту) сприяє інтенсифікації процесів структуроутворення в досліджуваних системах. Максимальне зростання площі петлі гістерезису спостерігається

при концентрації 30 мас.% ГЛС-1 та 42 мас.% для ГАК-2. Слід відмітити, що вид графіту практично не впливає на структуроутворюючу дію добавок.

Достатньо переконливо це зафіксовано для вказаних добавок в системах поліфенілсилоксана з ГЛС-1 та ГАК-2 (рис. 3). Слід відмітити, що структуроутворення в системах на основі ПФС перебігає менш ефективно. При концентраціях графітів перерахованих марок 40 мас.% площа петлі гістерезису не перевищує 10%. Пояснити це можна відносно невеликим вмістом ПФС в складі лаку КО-85 фм. Введення структуруючої (аеросил) та спеціальної (ТРГ) добавки до 1 мас.% дозволяє збільшити площу петлі гістерезису до 100%.

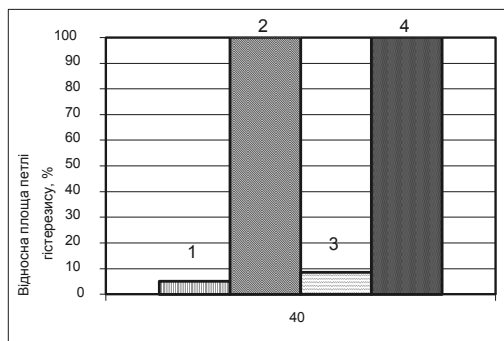


Рис. 3. Вплив додатків на структуроутворення в систем (концентрація графіту 40 мас.%):
 ПФС+ГЛС-1 (1);
 ПФС+ГЛС-1 + 1 мас.% аеросилу (2);
 ПМФС+ГАК-2 (3);
 ПМФС+ГАК-2 + 1 мас.% ТРГ (4).



Рис. 4. Вплив виду суміщення на процеси структуроутворення в системах: ПМФС+С-1 (1, 2) та ПМФС + С-1 + ТРГ (2 мас.%) (3, 4)

Порівняльна оцінка реологічних характеристик системи ПОС - графіт в залежності від виду і тривалості диспергування, на прикладі систем, наповнених графітом марки С-1 з ПМФС, показала, що час диспергування суттєво впливає на її в'язкість. Вона значно менше ніж для систем ПМФС з ГЛС-1 та ГАК-2 (рис. 4). Відносна площа петлі гістерезисну не перевищує 5% у випадку помелу у бісерному млині та 18% при механічному перемішуванні.

Покращення реологічних властивостей наповнених систем, як і у випадку інших досліджуваних систем ПОС – графіт, можливе введенням терморозширеного графіту у кількості 2 мас.%. Для графіту марки С-1 ефект спостерігається лише у випадку ручного перемішування.

Таким чином, забезпечення необхідного рівня реологічних властивостей композицій ПОС - графіт досягається вибором оптимальної концентрації і виду графіту, стабілізуючих добавок та умов диспергування.

Список використаних джерел:

1. Мельник Л.І. Закономірності формування і застосування термостійких струмопровідних силосанграфітових матеріалів (автореферат дис.) – Київ, 2009.

В.А. СВИДЕРСКИЙ, д.т.н., профессор; А.Д. ПЕТУХОВ, д.т.н., профессор;
Г.И. ВЕДЬ, к.т.н.; О.М. ШНЫРУК; И.Л. ЛИСНИЧУК

Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского", Украина, Киев

ФОРМОВАНИЕ РУКАВНОЙ ПЛЕНКИ В УСЛОВИЯХ ОРИЕНТАЦИОННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Рукавная пленка по своим показателям проигрывает ориентированным плоским пленкам. Предлагается изменение в технологии и оборудовании для возможности использования ориентационной кристаллизации в целях повышения прочности в двух направлениях, уменьшения по ним анизотропии свойств. Показана возможность управления процессом формования рукавной пленки в условиях ориентационной кристаллизации. Получено упрочнение рукавной пленки в одном и другом направлении.

Рукавна плівка за своїми показниками програє орієнтованим плоским плівкам. Пропонується зміна в технології і обладнанні для можливості використання орієнтаційної кристалізації з метою підвищення міцності в двох напрямках, зменшення по ним анізотропії властивостей. Показана можливість керування процесом формування рукавної плівки в умовах орієнтаційної кристалізації. Отримано зміцнення рукавної плівки в одному і іншому напрямку.

The hose film loses its oriented flat films in terms of its performance. A change in technology and equipment is suggested for the possibility of using orientational crystallization in order to increase strength in two directions, and to reduce the anisotropy of properties along them. The possibility of controlling the process of forming a tubular film under conditions of orientational crystallization is shown. Strengthening of the tubular film in one and the other direction is obtained.

Вопросу повышения прочности рукавной пленки посвящено много исследований, опубликован целый ряд способов и устройств для их реализации. Однако, на наш взгляд, при осуществлении их либо достигается незначительное повышение прочности (в основе этих способов лежит простая вытяжка расплава полимера), либо для существенного повышения прочности требуется усложнение конструкции пленочных агрегатов (введение дополнительных зон термообработки, устройств повторной вытяжки рукава продольной и поперечной и т.д.) и строгое соблюдение температурного режима, что весьма затруднительно. Заслуживает внимания метод повышения физико-механических свойств полимеров воздействием на морфологию полимера-матрицу. Способ упрочнения пленок посредством формования их в условиях ориентационной кристаллизации весьма перспективен, но он промышленно реализован в настоящее время лишь для волокон, лент, упрочненных в одном направлении – продольном и для плоских плёнок в продольном и поперечном. Упрочнение рукавной пленки целесообразно лишь в том случае, когда оно двухосное (по длине и по диаметру рукава).

В данной работе исследуется формование рукавной полимерной пленки в условиях ориентационной кристаллизации с определением влияния параметров технологического режима на физико-механические свойства пленки. Задачи экспериментальных исследований:

- реализация процесса направленной кристаллизации;
- выявление и исследование технологических факторов, влияющих на процесс направленной кристаллизации;
- исследование влияния конструктивных факторов на формование рукавной плёнки в условиях направленной кристаллизации.

Использовались полиэтилены низкой плотности. Оборудование – лабораторная установка (рис. 1) в составе экструдера с диаметром червяка 45 мм; головки с формирующим кольцевым

цилиндрическом канале диаметром 180 мм и зазором 1 мм (рис. 1, поз. 1); бесконтактной формующей оснастки рукава (рис. 2) получения рукава диаметром до 500 мм с цилиндрическими обечайками 2 разной высоты, сменными формующими обечайками 3 разных диаметров, днищами 4 с разными углами наклона; кольца, охлаждающего рукав воздухом (рис. 1, поз. 3; рис. 2, поз. 1)).

Принцип работы установки. Выходящая из головки 1 заготовка 2 плёночного рукава охлаждается потоком воздуха, направленным из охлаждающего кольца 3, до температуры кристаллизации. Температура кристаллизации в заготовке достигается на выходе из цилиндрической обечайки 4 (рис. 1), которая препятствует преждевременной деформации заготовки. Далее заготовка деформируется воздухом, подаваемым внутрь рукава 7, и охлаждается потоком воздуха, нагнетаемым в полость между конической насадкой 5 и заготовкой рукава 2. Остывший плёночный рукав 7 переводится из цилиндрической в плоскую форму складывающимися щеками 8 и через валки тянущие 9 подаётся на намотку.

После стабилизации размера рукава (диаметра), подавая воздух внутрь рукава и одновременно усиливая наружный поток охлаждающего воздуха, понижается высота расположения линии кристаллизации до прихвата рукава к коническому днищу 5 формующей обечайки 6. После фиксации положения рукава давление в нем повышается посредством подачи воздуха внутрь.

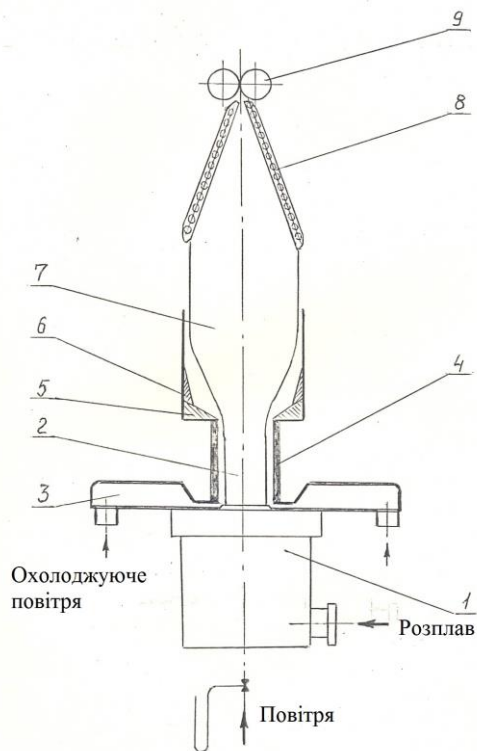


Рис. 1. Лабораторная установка

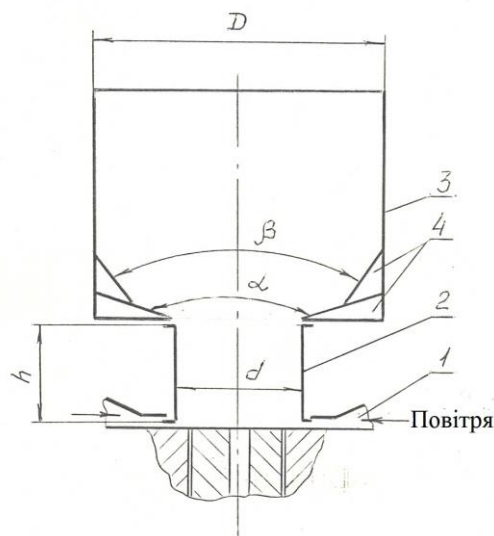


Рис. 2. Формующая оснастка рукава

Исследования проводились после выхода лабораторной установки на заданный режим с устойчивым процессом формования пленки (без прихвата рукава к конусу). Фиксируется температура по зонам экструдера, фильтра, головки, расплава на выходе из головки. Замеряется давление внутри рукава. Определяется скорость экструзии и вытяжки, высота зоны формования, ширина рукава, толщина пленки, ее разнотолщинность.

При исследованиях взаимосвязь между параметрами обычного процесса формования рукавной пленки и формования в условиях ориентационной кристаллизации определялась по ее

прочности. Исследовалось влияние степени вытяжки, степени раздува, давления внутри рукава и высоты зоны формирования на разрушающее напряжение пленки в продольном и поперечном к оси рукава направлениях. При всех опытах зона формирования имела шейку высотой $2,4 d_0$ (d_0 – диаметр заготовки), специально проверялось влияние изменение скорости экструзии заготовки на высоту шейки, которая росла с увеличением скорости вытяжки. Температура расплава поддерживалась в диапазоне $180-185^\circ\text{C}$. На рис. 3 б представлена графическая зависимость σ от K . Видно, что с увеличением K происходит рост как продольной, так поперечной прочности. Однако, влияние K на эти прочности неоднозначно: поперечное разрушающее напряжение при растяжении растет быстрее, чем продольное. Толщина пленки при проведении данного опыта изменялась в пределах (20-40) мкм.

Увеличение степени раздува (рис. 3 б) также ведет к росту прочности пленки и в этом случае, как и в предыдущем, величина поперечного разрушающего напряжения выше продольного (за исключением области со степенью раздува $\alpha < 2,5-2,8$). Пленка имела толщину (25-65) мкм. Сравнивая интенсивность роста σ с изменением K и α , можно отметить, что степень раздува способствует более резкому изменению прочностных свойств. Но как в первом случае (изменение K), так и во втором (изменение α) происходит опережающий рост прочности в поперечном направлении.

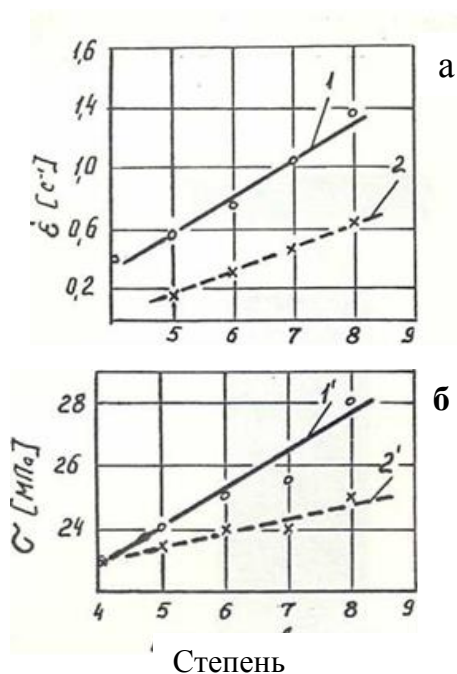


Рис. 3. Зависимость скорости деформации в зоне формирования (а) и разрушающего напряжения при растяжении пленки (б) от степени вытяжки; (1,1'- в поперечном направлении; 2,2'- в продольном направлении)

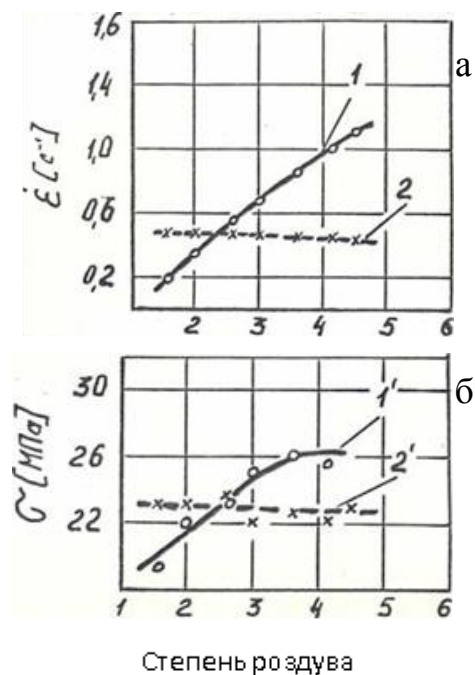


Рис. 4. Зависимость скорости деформации в зоне формирования (а) и разрушающего напряжения (б) при растяжении пленки от степени раздува; (1,1'- в поперечном направлении; 2,2'- в продольном направлении)

При получении рукавной полимерной пленки обычным способом давление в рукаве незначительно и изменяется в пределах 3-10 мм. в.ст.. Получаемый при этом рукав устойчив лишь в сравнительно слабом воздушном потоке (продольная скорость воздуха 10-15 м/с). При помощи специального формирующего приспособления получена возможность существенно повысить внутреннее давление. Это позволило сформовать весьма упругий рукав, способный устойчиво воспринимать воздушные потоки со скоростью воздуха выше 30-40 м/с. Теплосъемная

возможность такого потока больше, следовательно, появилась возможность интенсифицировать работу линии по производству пленок. Повышенное давление не только способствует интенсификации процесса формообразования рукава, но также (как будет показано ниже) улучшает прочностные свойства пленки.

В табл. 1 приведены экспериментальные данные, показывающие, что с увеличением давления разрушающее напряжение при растяжении в поперечном направлении увеличивается в 1,7 раза, а продольной прочностью практически остается неизменной. Реализация процесса ориентационной кристаллизации при внутреннем давлении в рукаве 1500 Па связана с понижением производительности установки на 8-10 кг/ч. Основным технологическим фактором, способствующим повышению прочности, в данном случае является давление внутри рукава, достигнутая его величина составляет 2000 Па.

Таблица 1 - Влияние давления внутри рукава на прочностные свойства пленки

Номер режима	Давление, Па	K	α	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	
				вдоль рукава	поперек рукава
1	100	4,2	2,7	19,0	20,0
2	280	4,2	2,7	22,0	23,5
3	600	4,2	2,7	21,0	26,5
4	1000	4,2	2,7	21,0	29,0
5	1500	4,2	2,7	20,0	31,0
6	1500	4,7	2,6	21,5	31,0
7	1500	5,8	2,7	23,5	30,0
8	1500	6,5	2,6	24,0	32,0
9	1500	7,0	2,7	25,0	30,0

Примечание: данные таблицы получены при формовании рукава шириной 750 мм., толщиной пленки (60-90) мкм, диаметре формующего зазора головки 180 мм, ширине зазора 1 мм. Производительность прессы составила 38 кг/ч (пресс ЧП 90x25).

Конечно же, пленка с такой анизотропией прочностных свойств не дает особого экономического выигрыша по сравнению с обычной, полученной ранее. Мы попытались улучшить ее свойства. Для этого исследования влияние степени вытяжки на разрушающее напряжение в условиях воздействия повышенного внутреннего давления. Оказалось, что повышение скорости деформирования в продольном направлении (табл. 1) ведет к росту продольной прочности при неизменной поперечной. дальнейшее повышение скорости вытяжки приводило к нарушению стабильности процесса.

С целью расширения диапазона степени вытяжки опыты проводились на формующей головке с $d_0=100$ мм, $\delta_0=3,2$ мм. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний

δ , мкм	α	к	Δp , Па	σ_m , МПа	$\sigma_{пр}$, МПа	Q_{max} , кг/ч
45	2,6	25	1500	34,4	30,5	7

Таким образом, при формовании с повышенным давлением при определенной скорости вытяжки, можно приблизить прочностные свойства в обоих направлениях, относительное удлинение при этом изменяется незначительно и составляет (400-500)%.

Исследования процесса формования рукавной пленки показали, что методом ориентационной кристаллизации может быть достигнуто ее упрочнение; повышение которого для ПЕВД составило: в поперечном направления - в 1,8-1,9 раза; в продольном - в 1,5 раза. Приведенные в работе факторы влияния на процесс ориентационной кристаллизации могут быть использованы для управления процессом упрочнения рукавной пленки при формовании.

T. NICOLAI¹, prof.; А.В. ЗАЙЦЕВ¹; Л.І. МЕЛЬНИК², к.т.н; О.М. ШНИРУК²

1 University of Maine, Le Mans, France

2 Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна, Київ

СИНТЕЗ АМФІФІЛЬНИХ БЛОК-СОПОЛІМЕРІВ

Приведено схему постадійного синтезу амфіфільного блок-сополімеру,, яка включає синтез макроініціатора, синтез ліганду та, власне, полімеризацію з наступною функціоналізацією отриманого полімеру. Методом ЯМР постадійно підтверджені дані процеси.

Ключові слова: амфіфільний, блок-сополімер, синтез, макроініціатор, ліганд, функціоналізація.

Необхідно отримати полімер, що має довгий гідрофільний ланцюг та кілька гідрофобних груп, здатних до зшивання. Обрана структура полімеру наступна:

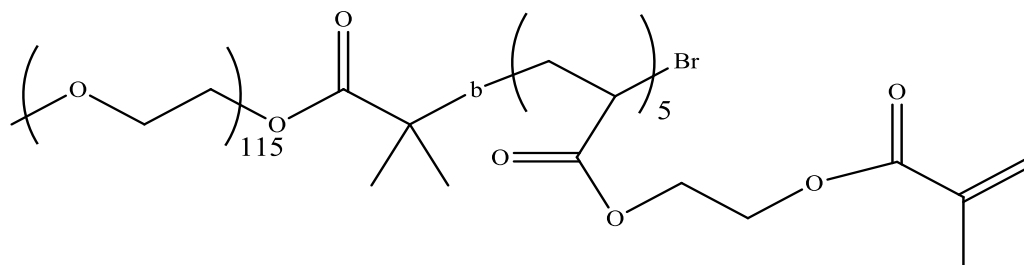


Рис. 1 – Загальна формула цільового полімеру.

Синтез макроініціатора

Для цього комерційний ПЕО (полі(етилен оксид)) (50 г, 0,01 моль) було розчинено у толуолі (550 мл) разом із ДМАП (4-діметиламіно піридин) (0,061 г, $5 \cdot 10^{-4}$ моль) та триетиламіном (3,037 г, 0,03 моль). ДМАП потрібен для полегшення відщеплення атому водню від групи ОН ПЕО, а триетиламін утворює комплекс із бромоводневою кислотою, що утворюється під час реакції. Це необхідно, щоб уникнути присутності кислоти, що може викликати ацидоліз естерного зв'язку продукту.

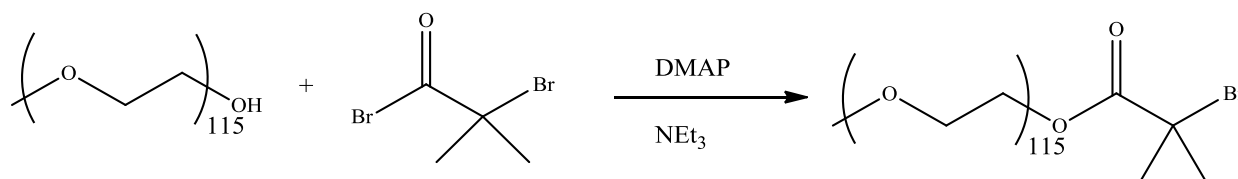


Рис. 2 – Рівняння реакції синтезу макроініціатора.

Час реакції – 72 години, за постійного перемішування магнітною мішалкою та за температури 35°C. Після закінчення реакції утворена сіль триетиламіну була відфільтрована, розчин модифікованого полімеру осаджений у 1 л діетилового етеру. Полімер було висушено протягом доби під вакуумом 30 мм. рт. ст., піддано діалізу через напівпроникну мембрану із порогом проникності 3500 г/моль протягом 24 годин. Для видалення розчинників та запобігання гідролізу протягом часу зберігання полімер піддано сублімації. Для цього водний розчин полімеру був заморожений на роторі дією рідкого азоту, а потім сублімований при температурі -55°C та вакуумі 0,1 мбар протягом 10 годин. Сухий полімер (маса 40 г – вихід 80%) зберігається у холодильнику в закритій тарі. На ЯМР спектрі можна бачити, що всі групи ОН вихідного полімеру заміщені на функціональну групу (рис. 3)

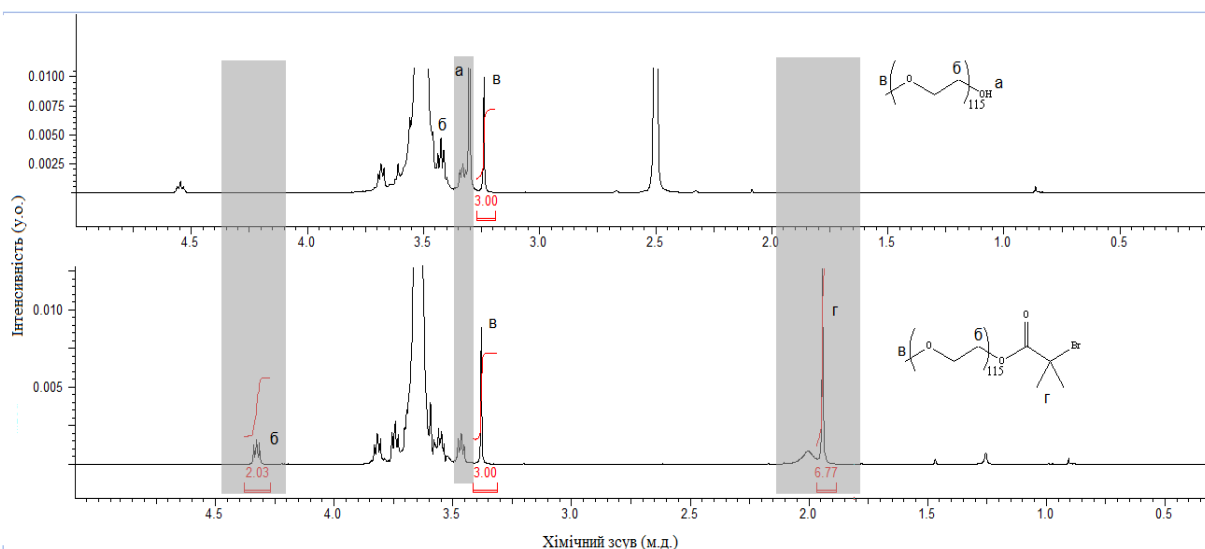


Рис. 3 – ЯМР спектр вихідного та функціоналізованого поліетиленоксиду.

Спостерігається зникнення піка на 3,4 м.д. та зміщення сусіднього піка до 4,27 м.д, а також виникнення синглету на 1,9 м.д. Такі зміни у спектрі доводять кількісну функціоналізацію поліетиленоксиду.

Синтез ліганду

Літературний пошук показав більшу активність Me_6TRENu у порівняння із TRENom (триетиламін). Оскільки ліганд Me_6TREN комерційно недоступний, його було синтезовано з комерційно доступного TRENu . Для цього суміш TRENu (5,035 г, 0,0344 моль) та демінералізованої води було додано по краплях до суміші формальдегіду (24,5 г, 0,279 моль) та формиатної кислоти (30 г, 0,641 моль) на льодяній бані. Утворена суміш була залишена на масляній бані за 95°C протягом ночі із зворотнім холодильником. Після охолодження суміш було випарено на роторі для видалення леткої фази. Потім додано насичений розчин гідроксиду натрію. Органічну фазу екстраговано на ділільній колоні за допомогою діетилового етеру. Органічна фаза була перемішана із сульфатом магнію протягом 4 годин для видалення слідів води, потім відфільтрована та випарена. Me_6TREN масою 4 грамів виділений перегонкою при температурі 80°C та тиску 100 мм.рт.ст. Вихід становить 75%.

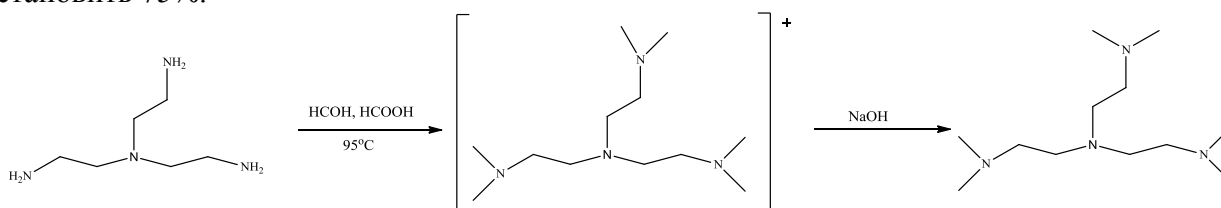


Рис. 4 – Реакція синтезу ліганда.

Полімеризація

Для полімеризації використовується гетерогенний каталіз типу SET-LRP. Для здійснення такого процесу до 5 грамів ПОЕ-Вг (отриманий макроініціатор) додається CuBr_2 (0,0216 г) та мідний дріт (4 відрізки по 1 см, діаметр 1,25 мм) та діметилсульфоксид (7,5 мл). Суміш нагрівається до 35°C до повного розчинення складових (крім міді), вводиться гідроксиетилакрилат. Суміш дегазується пропусканням аргону протягом 15 хвилин, потім вводиться Me_6TREN із 1 мл ДМСО (диметилсульфоксид) (дегазований). Реакція проводиться при інтенсивному

перемішування магнітною мішалкою (750 об/хв), через певні проміжки часу беруться проби для кінетичного аналізу.

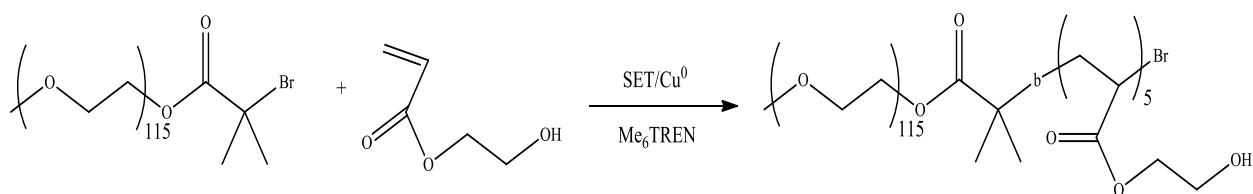


Рис. 5 – Отримання полімеру ПЕО-б-ПГЕА.

Для дослідження було синтезовано шість полімерів із різною довжиною гідрофобного ланцюга: 5, 7, 8, 10, 12, 15 мономерів. Кінетичний аналіз процесу полімеризації за допомогою ЯМР показаний на рис. 6:

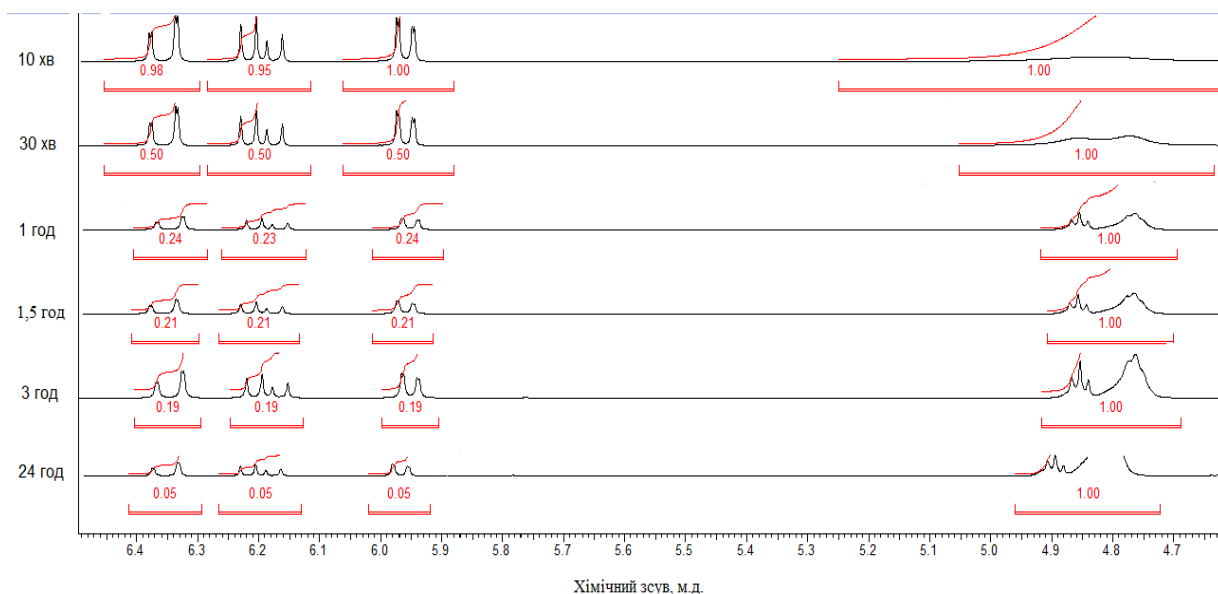


Рис. 6 – Визначення ступеню перетворення за допомогою ЯМР-спектроскопії.

Після закінчення реакції суміш була розведена 30 мл тетрагідрофурану для запобігання концентрування розчинника у частинах полімеру при осадженні, після чого полімер осаджений у 350 мл діетилового етеру, відфільтрований та висушений під вакуумом

Дані кінетичного аналізу представлені на рис. 7.

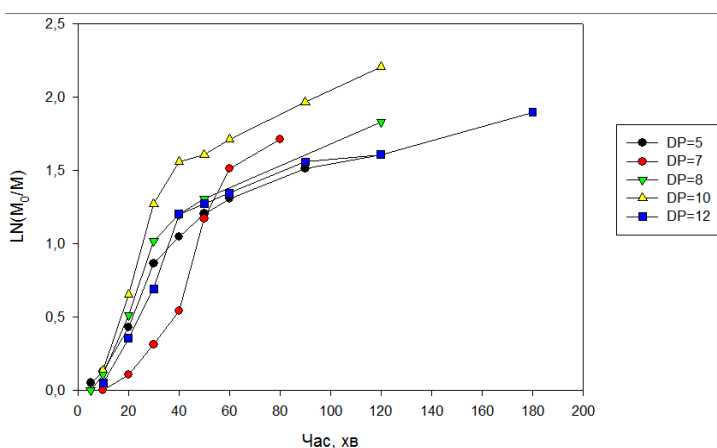


Рис. 7 – Кінетичні криві полімеризації із отриманням полімеру з різною довжиною ланцюга гідроксиетилакрилату.

На ЯМР спектрах полімерів можна бачити, що ступінь полімеризації відповідає теоретично розрахованій (рис. 8).

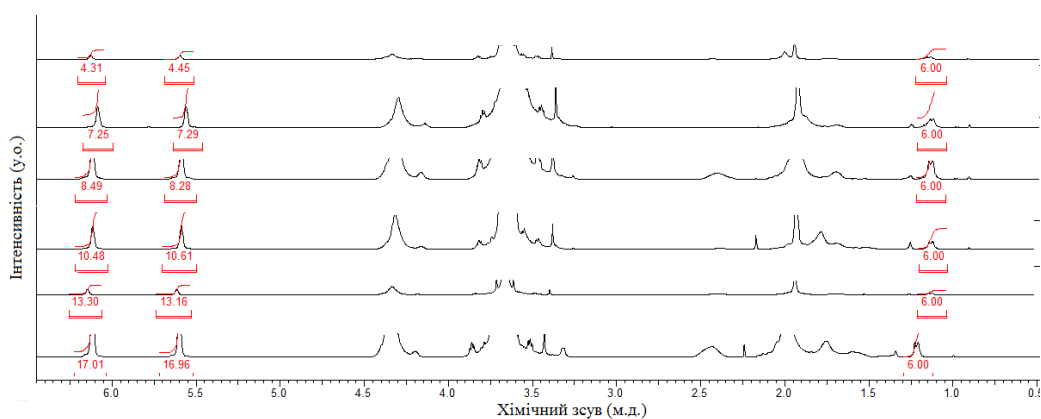


Рис. 8 – Визначення фактичного ступеню полімеризації отриманих полімерів.

Функціоналізація блок-сополімеру

Отриманий блок-сополімер ще не має амфіфільних властивостей, оскільки обидва блоки є гідрофільними. Для надання гідрофобних властивостей блоку ГЕА та для отримання можливості фотополімеризації серцевини міцели, проведемо прививання гідрофобної групи, що містить подвійний зв'язок. Для цього використовується метакрилоїл хлорид.

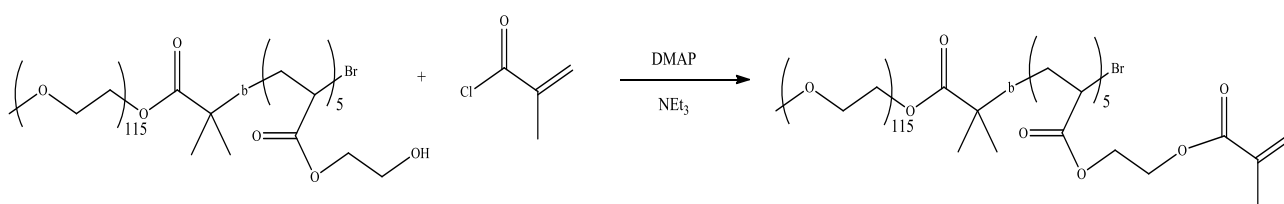


Рис. 9 – Реакція функціоналізації для отримання цільового полімеру.

Функціоналізація проводиться аналогічно до функціоналізації поліетиленоксиду. Час реакції – 5 годин. Порівняння ЯМР спектрів вихідного та кінцевого полімерів підтверджує повну функціоналізованість (рис. 10).

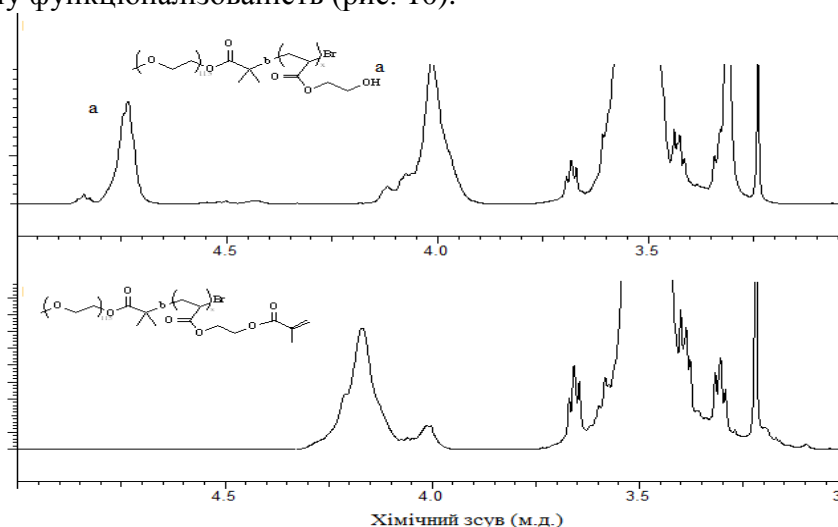


Рис. 10 – ЯМР спектри вихідного та кінцевого полімерів.

Можна спостерігати зникнення піку гідроксильної групи на 4.75 м.д., що свідчить про повну функціоналізованість полімеру.

Висновки

В процесі проведення даної роботи було використано процес полімеризації передачею електрона SET-LRP, завдяки якому отримано полімери із вузьким молекулярно-масовим розподілом.

Список використаних джерел:

1. Nicol E., Benyahia L., Nicolai T., Zaitsev A., Melnik L., 2012, P. 197-199, IX International Science and Technology Web-Conference «COMPOSITION MATERIALS»
2. Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry, 2012, V 50, Issue 18, P/ 3885 – 3894.

УДК 676 – 022.532

В.О. КОВАЛЬЧУК; О.В. ЯЩЕНКО, м.н.с;
В.А. БАРБАШ, к.т.н., доцент; О.М. ШНИРУК

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна, Київ

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ НАНОЦЕЛЮЛОЗИ

Нанорозмірні речовини широко вивчаються для застосування у виробництві композиційних матеріалів. Перспективним продуктом на основі природного полімеру є наноцелюлоза, яка може бути альтернативою пластику та склу, служити як зміцнююча добавка для композиційних матеріалів різного призначення. У роботі розглянуто спосіб отримання нанофібрильованої целюлози із пшеничної соломи та її використання у композиції картону тарного макулатурного.

Наноразмерные вещества широко изучаются для применения в производстве композиционных материалов. Перспективным продуктом на основе природного полимера является наноцеллюлоза, которая может быть альтернативой пластику и стеклу, служить как укрепляющая добавка для композиционных материалов различного назначения. В работе рассмотрен способ получения нанофибриллированной целлюлозы из пшеничной соломы и ее использование в композиции картона тарного макулатурного.

Nanoscale substances widely studied for use in the manufacture of composite materials. Nanocellulose is promising products based on natural polymer. Nanocellulose can be an alternative to plastic and glass, as a reinforcement for composite materials for various purposes. The paper describes a method of obtaining nanofibrillated cellulose from wheat straw and its use in the composition of recycled containe cardboard.

Ключові слова: природний полімер, солом'яна органосольвентна целюлоза, наноцелюлоза, композиційний матеріал, картон

Целюлоза – найбільш поширений природний полімер на Землі, який швидко відновлюється та здатний до біорозкладання у природних умовах. Целюлоза знаходить

широке застосування у виробництві паперу і картону, етерів та естерів, а також для отримання мікрокристалічної целюлози і наноцелюлози [1]. Наприклад, наноцелюлоза придатна для створення нових специфічних нанокompозитів, адсорбентів і функціональних матеріалів для електродів в хімічних джерелах струму та оптико-електронних приладах [2].

В останні роки активно досліджуються технології отримання наноцелюлози як біоматеріалу, що може замінити скло і деякі полімери, які стійкі до біологічної деструкції. Наноцелюлоза є перспективною сировиною для зміцнення полімерів у виробництві композитних матеріалів на основі полікапролактану, поліаніліну, полівінілового спирту [3]. Також перспективним напрямом застосування наноцелюлози є використання її як зміцнюючої добавки у виробництві паперу та картону [4].

В роботі досліджено отримання наноцелюлози із солом'яної органосольвентної целюлози в результаті обробки її кислотним гідролізом та ультразвуком. Для гідролізу використовували сульфатну кислоту з концентрацією 43 і 64 %. Досліджено вплив температури гідролізу в діапазоні від 20 до 60 °C та тривалості гідролізу від 30 до 90 хв. Відмивання суспензії наноцелюлози від залишків кислоти проводили трьохкратним центрифугуванням з подальшим електродіалізом. Після відмивання проведено ультразвукову обробку для гомогенізації та отримання прозорої наноцелюлозної суспензії на установці УЗДН – 2н впродовж 30 – 60 хвилин. Для встановлення структури отриманої наноцелюлози проведено її дослідження за допомогою скануючої (СЕМ) та трансмісійної (ТЕМ) мікроскопії. ТЕМ аналіз показав, що за умов гідролізу солом'яної органосольвентної целюлози 43 % сульфатною кислотою за 60 °C та тривалості 90 хв. можливо отримати нанофібрильовану целюлозу з діаметром волокон до 20 нм. Отримані зразки наноцелюлозних плівок мали наступні механічні показники: щільність – до 1,5 г/см³, міцність на розрив – до 200 МПа.

Отримана наноцелюлоза із пшеничної соломи використана для підвищення фізико-механічних показників картону тарного макулатурного. Для цього в лабораторних умовах із макулатури марки МС-5Б одержано лабораторні зразки картону, на поверхню яких наносили розчин наноцелюлози з різною витратою відносно маси. Проведено дослідження з визначення значень абсолютного опору продавлюванню, руйнівного зусилля при стисненні кільця в поперечному напрямку, поверхневої вбирності води при односторонньому змочуванні (Кобб₆₀) зразків картону з поверхневою обробкою суспензією наноцелюлози.

Список використаних джерел:

1. Барбаш В. А. Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження: Навч. посібник. Київ: Каравела, 2016.- 288 с.
2. Szczęśna-Antczak M., Kazimierzczak J., Antczak T. Nanotechnology - Methods of Manufacturing Cellulose Nanofibres // FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2012; 20, 2(91): 8-12.
3. Lani N. S., Ngadi N., Johari A., Jusoh M. Isolation, characterization, and application of nanocellulose from oil palm empty fruit bunch fiber as nanocomposites // Journal of Nanomaterials, V 2014, Article ID 702538, 9 pages.
4. Gicquel E., Martin C., Yanez J.G., Bras J. Cellulose nanocrystals as new bio-based coating layer for improving fiber-based mechanical and barrier properties// J Mater Sci, 2016, 14 p. DOI 10.1007/s10853-016-0589-x.

О. В. МИРОНЮК, к.т.н.; В. А. ДУДКО; Д. В. БАКЛАН

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна, Київ

ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК НА МІЦНІСТЬ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЕВОГО ВОЛОКНА ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ОУЕНСА-ВЕНДТА

При конструюванні композиційних матеріалів є важливим прогнозування міцності матеріалу, що можна зробити за допомогою вивчення взаємозв'язку між силою адгезії та параметрами міцності. Визначено вплив добавок: поверхнево-активної речовини ЕФКА 3299 та тетраетоксисилану на значення поверхневої енергії фенолформальдегідної матриці. За моделлю Оуенса-Вендта розраховано значення кутів змочування поверхні наповнювача матрицею та співвіднесені з механічною міцністю композицій.

Для конструирования композиционных материалов важным является прогнозирование его прочности, что можно сделать с помощью изучения связи между силой адгезии и параметрами прочности. Изучено влияние добавок: поверхностно-активного вещества ЕФКА 3299 и тетраетоксисилана на значение поверхностной энергии фенолформальдегидной матрицы. С помощью модели Оуенса-Вендта рассчитаны значения углов смачивания поверхности наполнителя матрицей и соотнесены с прочностью композиций.

For design of composite materials, it is important to predict its mechanical properties, which can be done by studying the relationship between the strength of adhesion, which can be found by experimental measuring of surface energy, and mechanical properties of the material. In this work was studied the effect of additives the surface-active substances ЕФКА 3299 and tetraethoxysilane on the surface energy of the phenol-formaldehyde matrix was studied. Using the Owens/Wendt model, the values of the wetting angles of the filler surface by a matrix are calculated and correlated with the strength of the compositions.

Ключові слова: вуглецеве волокно, поверхнева енергія, модель Оуенса-Вендта, адгезія композиційних матеріалів.

Основна характеристика будь-якого композитного матеріалу – це сила міжфазного зв'язку [1]. Основні властивості композиту, такі як міжшарове зрушення і міцність на вигин може бути досягнута шляхом регулювання міцності міжфазного зв'язку. У роботі [2], зазначається, що метод розрахунку роботи адгезії на основі кута змочування показує погані результати через те, що не враховується донорно-акцепторна взаємодія. Хоча у роботі [3], був показаний вплив між змочуванням наповнювача за допомогою тестової рідини (ДМСО) та механічними властивостями композиту. Тому кореляція між поверхневою енергією складових композиційного матеріалу, їх адгезивної міцності та механічних параметрів композиту досі залишаються не встановленими.

Композиції були виготовлені на основі фенол-формальдегідної смоли резольного типу та вуглецевого волокна отриманого шляхом піролізу вторинної сировини. В якості модифікаторів використовувались тетраетоксисилан, ЕФКА 3299. Як розчинник використовувався ізопропіловий спирт. Випробування на згин проводилися за ГОСТ 4648-2014. Випробування на стиснення проводилися за ГОСТ 4651-2014.

Проведені дослідження ставили за мету дослідити взаємозв'язок між значенням поверхневої енергії волокнистого наповнювача та комплексними параметрами механічної міцності композицій на його основі.

Для опису розподілу компонентів поверхневої енергії в роботі було використано модель Оуенса-Вендта [4]. Використовуючи метод Вільгельмі [5], визначено розподіл поверхневої енергії вуглецевого волокна, фенолформальдегідної матриці (ФФ) та вплив на розподіл поверхневої енергії добавки поверхнево-активної речовини (ЕФКА 3299) та тетраетилоросилану (ТЕОС) визначено із застосуванням методу сидячої краплі (табл. 1).

Таблиця 1 – Розподіл поверхневої енергії фенолформальдегідної матриці та вуглецевого волокна

Матеріал	σ , мН/м	σ^D , мН/м	σ^P , мН/м
Вуглецеве волокно	43,8	20,9	22,9
ФФ	49,20	22,47	26,43
ФФ + ЕФКА 3299	36,94	31,92	5,02
ФФ + ТЕОС + ЕФКА 3299	49,95	22,28	27,67

Для характеристики взаємодії в системі наповнювач-матриця було розраховано значення косинусів кутів змочування поверхні вуглецевого волокна фенолформальдегідним полімером (табл. 3) за модифікованим рівнянням Оуенса-Вендта (1):

$$\cos\theta = \frac{2}{\sigma_m} \left(\sqrt{\sigma_m^D \times \sigma_n^D} + \sqrt{\sigma_m^P \times \sigma_n^P} \right) - 1, \quad (1)$$

де σ_m – поверхнева енергія матриці; σ_m^D – її дисперсна компонента; σ_m^P – її полярна компонента; σ_n^D – дисперсна компонента поверхневої енергії наповнювача; σ_n^P – її полярна компонента.

Таблиця 2 – Розрахункові значення кутів змочування для систем наповнювач-матриця

Матеріал	Кут змочування, град.
ФФ	27
ФФ + ЕФКА 3299	12
ФФ + ТЕОС + ЕФКА 3299	29

Введення в систему змочувача, як видно з табл. 2, відповідно до моделі повинне значно підвищити взаємодію на межі розподілу фаз і, таким чином, енергію адгезії матриці до поверхні вуглецевого волокна. Присутність ТЕОС в системі нівелює цей вплив поверхнево-активної речовини.

Таблиця 3 – Склад дослідних композицій та їх міцність

№ п/п	Вміст компонентів, мас. %				Міцність на згин, МПа	Міцність на стиснення, МПа
	Вуглецеве волокно	ФФ смола	ТЕОС	ЕФКА 3299		
1	37,0	63,0	–	–	38	24
2	36,6	62,0	–	1,4	57	36
3	34,8	59,0	4,8	1,4	75	50

Одержані в ході дослідження взаємозв'язку між значеннями механічної міцності та кутом змочування на межі поділу фаз результати підтверджують очікуване підвищення міцності при зміні поверхневих енергій компонентів системи. Введення поверхнево-активної

речовини практично в 2 рази знижує кут змочування поверхні наповнювача полімерною матрицею, що визначає зростання механічних показників композиту на 50 % від початкової величини (табл. 3). В той же час, додавання до композиту тетраетоксисилану, виходячи з розрахунків за моделлю, повинне було призвести до падіння міцності матеріалу. Але на практиці має місце підвищення цього показника додатково на 30%. Це пояснюється тим, що ТЕОС вступає в хімічну взаємодію з гідрофілізованою поверхнею вуглецевого волокна, формуючи значно більш міцний зв'язок з нею, ніж це дозволяє зробити вандерваальсівська взаємодія. Дане припущення підтверджується результатами [6] з модифікації поверхні вуглецевого волокна тетраетоксисиланом.

В результаті проведених досліджень встановлено, що механічна міцність композицій при додаванні до їх складу змочувача підвищується на 50 %, а при введенні тетраетоксисилану – практично в 2 рази. Останнє вказує на незастосовуваність моделі Оуенса-Вендта до систем, в яких має місце міжкомпонентна хімічна взаємодія. При прогнозуванні впливу добавок, взаємодія яких відбувається лише на рівні вандерваальсівських сил, модель дозволяє одержати кореляцію між розрахунковими результатами та експериментальними даними.

Список використаних джерел:

1. Pora, Jérôme Composite Materials in the Airbus A380 – From History to Future [Text] // Airbus. 2015. – P. 10.
2. V. Dutschk “Fundamental” and “practical” adhesion in polymer-fiber systems [Text] / V. Dutschk, E. Pisanova, S. Zhandarov, B. Lauke // Mechanics of Composite Materials. – 1998. – № 34(4). – P. 309–320.
3. Dillingham, R. G. “Surface Energy and Adhesion in Composite-Composite Adhesive Bonds [Text] / Dillingham, R. G., Oakley, B. R. // The Journal of Adhesion. – 2006. – № 82(4). – P. 407–426.
4. Особенности оценки смачивания полимерных поверхностей / А. В. Миронюк, А. В. Придатко, П. В. Сиволапов, В. А. Свидерский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2014. – № 1(6). – С. 23–26.
5. A systematic comparison of contact angle methods [Text] / L. M. Lander, L. M. Siewierski, W. J. Brittain, E. A. Volger // Langmuir. – 1993. – №9. – P. 2237–2239.
6. Hoffman, W. P. Characterizing the nano-surface of carbon fibers in order to gain a better understanding of the interfaces they form [Text] // Instrumentation Science & Technology. – 1993. – №1(1). – P. 15–35.

Т.С. ТЬОРТИХ; О.М. ШНИРУК; І.Л. ЛІСНІЧУК;
А.Д. ПЕСТУХОВ, д.т.н., професор

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна, Київ

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАПОВНЮВАЧА НА ДОПУСТИМІ НАПРУГИ ПРИ РОЗРИВІ В КОМПОЗИЦІЇ ПОЛІЕТИЛЕНУ ТА ДЕРЕВНОГО БОРОШНА

В даній роботі було звернуто увагу на дослідження впливу концентрації деревного борошна на характеристику міцності композиції на основі вторинного ПЕВТ, та можливість покращення даного показника за рахунок використання фталевого ангідриду.

В данной работе было обращено внимание на исследование влияния концентрации древесной муки на характеристику прочности композиции на основе вторичного ПЭВД, и возможность улучшения данного показателя за счет использования фталевого ангидрида.

In this paper, attention was paid to the study of the influence of wood flour concentration on the strength characteristics of a composition based on secondary LDPE, and the possibility of improving this index by using phthalic anhydride..

Ключові слова: ДПК, ПЕНТ, деревинне борошно, фталевий ангідрид, міцність на розрив.

На сьогоднішній день з деревополімерних композицій виробляють настили, балюстради, віконні та дверні профілі, сайдинг, штахетник, конструкційні елементи, пірси, перила, протишумові бар'єри, залізничні та автомобільні деталі, а також паркові лави, столи, ємності для сміття, дитячі майданчики, меблі і навіть іграшки.

За оцінками Академії кон'юнктури промислових ринків, світовий ринок деревополімерних композитів росте на 20% в рік. Основним споживачем і виробником ДПК є США, які виробляють терасну дошку з деревинно-полімерного композиту, сайдинг, покрівлю, підвіконня і вікна [1].

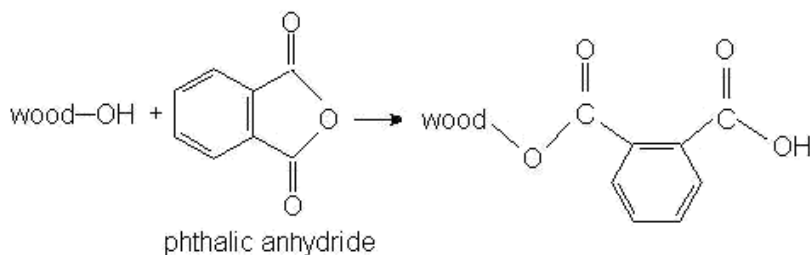
Для даних виробів використовують деревне борошно, як наповнювач, а в якості матриці використовують полімерні матеріали такі як поліетилен високого та низького тиску, полівінілхлорид та поліпропілен.

Експериментальні дослідження проводились на лабораторному екструдері з однорідним черв'яком ($L/D = 6$) та формуючим інструментом для плоскої стрічки. Композиція піддавалась змішуванню декілька разів для досягнення гомогенності. Зразки необхідною товщини, для іспитів, отримували пресуванням, відібраного розплаву, на гідравлічному пресі між двома полірованими металевими пластинами до необхідної товщини. Із пресованого листа, відповідно стандарту ГОСТ 11262-80, було вирізано зразки, типу 3 з довжиною $l = 250$ мм, шириною $b = 25$ мм та товщиною $h = 2,5 \pm 0,4$ мм, для розривної машини (Р-100).

В якості сировини було вибрано вторинний ПЕНТ аналог марки 277 та деревинне борошно марки М200. Для відпрацювання режиму роботи зразки отримувалися з борошном природної вологості та висушеного в провітрюваній сушильній шафі при температурах 110-120°C протягом 4 годин. При екструзії невисушених композицій відбувалось інтенсивне паро виділення та пороутворення в екструдаті. Що призводило до

зменшення питомої площі поперечного перерізу, а також появи центрів концентрацій напруг в зразках, що піддавалися тестуванню на розрив. Подальші дослідження проводились з використанням висушеного деревного борошна для досягнення стабільних режимів.

Оскільки молекула целюлоза деревини має в своєму складі гідроксильну групу, можливо вважати її полярною, тобто іншої природи ніж ПЕ. Для покращення взаємодії полімеру з наповнювачем був використаний фталевий ангідрид. Який реагуючи з целюлозою, за температур переробки композиції, утворює складний ефір целюлози, таким чином «активуючи» її і покращуючи взаємозв'язок з полімером, за наступним механізмом [2].



Для дослідження були підготовлені композиції двох видів, без та з фталевим ангідридом зі співвідношеннями борошна до полімеру 30/70, 50/50, 55/45, 60/40, 65/35, 70/30 мас.ч./мас.ч. Згідно з європейськими нормами концентрація фталатів, що використовуються в якості пластифікаторів, в отримуваних виробках не повинна перевищувати 0,1 мас.%, тому для «активації» целюлози в деревинне борошно було додане саме це значення.

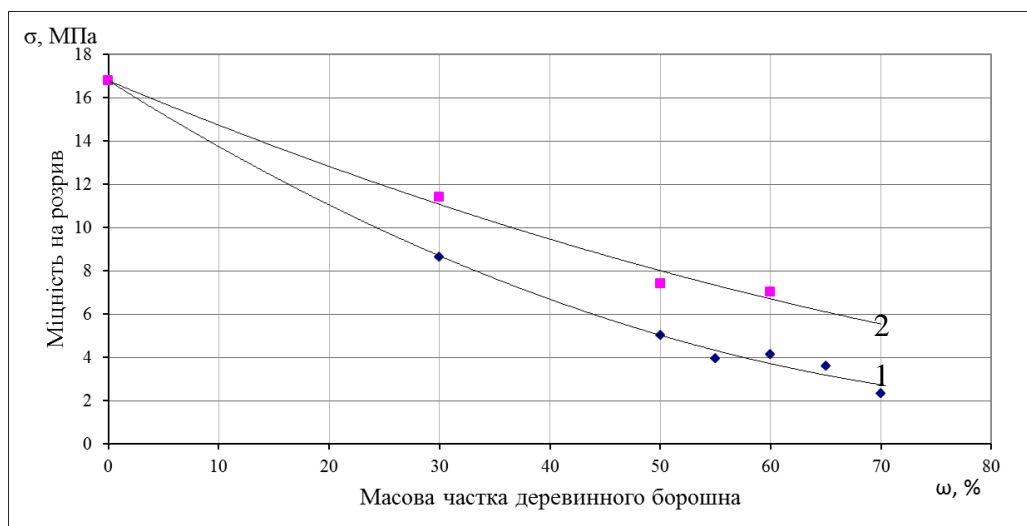


Рис. 1. Залежність міцності на розрив дерево-полімерної композиції, без (1) та з (2) фталевим ангідридом, від масової частки деревного борошна в композиції.

Дія фталевого ангідриду була зафіксована збільшенням міцнісних характеристик, а саме міцності на розрив отриманих дерево-полімерних композицій.

З основ полімерного матеріалознавства відомо, що при введенні дисперсного наповнювача в полімерний матеріал, відбувається зменшення міцності за рахунок зменшення площі питомої поверхні поперечного перерізу полімеру та відсутності армуючого ефекту, це підтверджується лінійним зменшенням міцності на розрив

композицій на основі дисперсних наповнювачів таких, як мрамур [3]. І хоча при виробництві деревинного борошна відбувається його помел, однак воно зберігає свою волокнисту структуру, що проявляється поступовим зменшенням впливу концентрації наповнювача на міцність на розрив при зростанні масової часті його в композиції(Рис.1.).

Список використаних джерел:

1. <http://www.lesindustry.ru/>
2. Ruxanda Bodîrlău, Carmen Alice Teacă,* and Iuliana Spiridon, "CHEMICAL MODIFICATION OF BEECH WOOD: EFFECT ON THERMAL STABILITY", Bodîrlău et al. (2008). "Chemical modification of beech," BioResources 3(3), 789-800.
3. Боженко Т.С. "Створення високонаповнених полімерних композицій на основі кальцитів", Кафедра ХТКМ НТУУ "КПІ", К., 2014., ст 62.

УДК 678.027.3:678.057.3:678.073

VYTVYTSKYI V., grad. stud.; MIKULIONOK I., DSc, prof.;
SOKOLSKYI O., Ph. D., ass. prof.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv

THE PRESSURE AND TEMPERATURE INFLUENCE ON FRICTION OF THE GRANULAR POLYMERIC MATERIALS ON THE METAL SURFACES

Проаналізовано вплив тиску на коефіцієнт тертя гранульованого полімерного матеріалу по металевій поверхні при різних температурах, а також зміну визначених залежностей залежно від геометричних розмірів робочих органів екструдера. Значення отримані при використанні плоскопаралельної моделі екструзії для трьох різних типів полімерних гранул.

Проанализировано влияние давления на коэффициент трения гранулированного полимерного материала по металлической поверхности при различных температурах, а также изменение определенных зависимостей в зависимости от геометрических размеров рабочих органов экструдера. Значения получены при использовании плоскопараллельной модели экструзии для трех различных типов полимерных гранул.

There have been analyzing the pressure influence on the friction granular polymeric materials on the metal surfaces at different temperatures and the changes of the defined dependencies on the changes of geometrical dimensions of the working bodies of the extruder. The values obtained using the plane-parallel model of extrusion for the three different types of polymer granules.

Key words: polymer, granule, extruder, screw, metal surface, friction, load, temperature, dependence.

Introduction. The production field of plastic products is one of the most important fields of the industry. Polymer materials are widely used for the manufacture of such products as the polymeric films of various designation, the bags for packaging and the other products.

The significant increasing of polymeric materials manufacturing, the range of which is being constantly expanded, requires the creation of highly resource- and energy-efficient equipment for their processing.

The most efficient equipment for processing of polymeric raw materials is the extrusion unit, among which the most commonly used is the screw extruders [1]. The successful design and calculations of the new equipment is largely depends on the accuracy of values and the correlation of friction forces that act on the contact borders of the material with a cylinder and a screw, which in combination with other parameters define the design of the screw, the pressure and the temperature mode of processing.

The friction between the recycled material, the cylinder and the screw plays a basic role as a means for moving and heating of the material [2]. The most important parameters of the operational modes of friction include the impact of the load and the temperature. The friction also considerably influences the wear intensity of the working bodies, because material way and movement speed depends on it.

Typically, friction coefficients of polymeric materials are measured on a solid sample, ignoring the interaction between the individual particles [3]. However, in the area of material feeding in the screw extruder the polymer is often in the form of solid granules, which can slide, roll one by one and be deformed and so on, which affects the movement of the material relatively to the working bodies of an extruder. Thus, the study of the movement of the exactly granulated polymeric materials in the area of material feeding of the screw extruder **is the actual** task, because the obtained data allow to perform the more accurate calculations of the equipment for the polymeric materials processing.

The purposes of the research are the analysis of polymer granules movement in a feeding zone of the screw extruder, the experimental determination of the friction coefficient of granulated polymeric material on a metal surface, the definition of dependency of friction coefficient on the load and the temperature, and the changes of the defined dependencies on the changes of geometrical dimensions of the working bodies of the extruder.

Experimental determination of friction coefficient of granulated polymeric materials. The article presents the experimental dependences which were obtained from the research of polymeric granules in the extruder channel using a plane-parallel model of research the extrusion process [4]. Thus the extruder helical channel, which formed by the screw threading and cylinder, conditionally deployed in the plane and assumed the following: the channel curvature is ignored, the screw surface is considered the immobile and the deployed surface of the cylinder be deemed to be moving at a speed that is equal to the screw circular speed.

The process is considered in the Cartesian coordinate system where the x -axis directed perpendicular to the spiral ridge, the y -axis directed by height of the channel and the z -axis directed along the deployed channel. The scheme of the experiment is shown in Fig. 1.

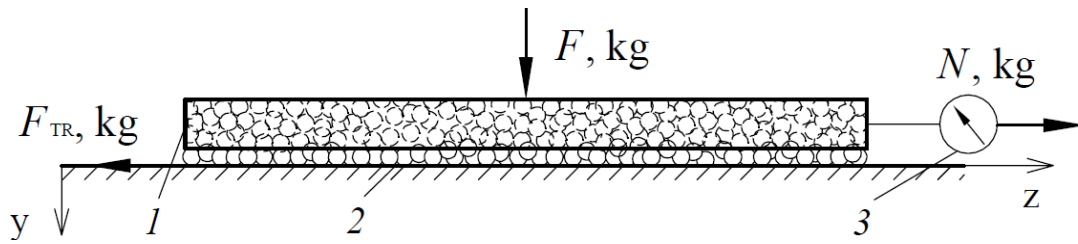


Fig. 1. The scheme of the experiment: 1 – box, 2 – immobile metallic surface, 3 – dynamometer

In the steel box 1 that simulates a sweep of the screw surface, poured the polymeric granules until they fill the volume of the box. Further the filled box 1 flips in a way that granules found themselves on the flat metal surface 2, which simulates the internal surface of the cylinder case. Number of granules in the box is sufficient that between her and immobile surface has remained the certain gap in the form of the granules layer.

After that, the box 1 loaded the force F . Next given the movement to the box 1 to surface 2 into the z -axis direction, while the dynamometer 3 fixed the value of the applied force N . Dynamometer connected to the box using a flexible rope. The researching was carried out using the three boxes of height $H = 7, 15$ and 23 mm, which corresponds to the screw extruder channel depth. Ratio of the box length to its width is no less than five to reduce the impact on friction for the end surfaces.

The coefficient of the polymeric granules friction on the metal surface K_{TR} calculated by the formula (1) for the different load values F . To display the dependencies between the load and friction coefficient also additionally calculated pressure P (Pas) by the formula (2).

$$K_{TR} = \frac{N}{F}; \quad (1)$$

$$P = \frac{F}{S}, \quad (2)$$

where S is the area on which the force F acts, that the area of the box bottom, m^2 .

The research is carried out for the three types of polymer granules:

- a) polyethylene of high density of mark 15803-020 (GOST 16337-77);
- b) copolymer of ethylene-vinylacetate (sevilene) of mark 11104-030 (TU 6-05-1636-97);
- c) polystyrene of mark PC-C-1-3 (GOST 20282-86).

Results and conclusions. In fig. 5–7 shows the approximating curves which show the relationship between the calculated friction coefficient of polymer material on a metal surface K_{TR} and pressure P , by heating working surface to the temperature t . Heating temperature of the working surface is determined experimentally and for the every polymer separately as the maximum possible value for the feeding zone.

The curves built by using the linear or polynomial approximation while the average value of the approximation reliability is not lower than 0.9 for the all curves.

The listed graphs showed a general decrease of friction coefficient dependence on the pressure with the reducing of the channel depth. In the case of approaching the researched loads to the maximum values at almost all curves is a transition through a minimum, that is, the friction coefficient begin to rise with the increasing of the load after the certain pressure values. Obviously, this is due to the fact that the granules layer behaves like a solid body after the certain

pressure values, for which the dependence of friction coefficient on the load generally has the form of the curve with a minimum [4].

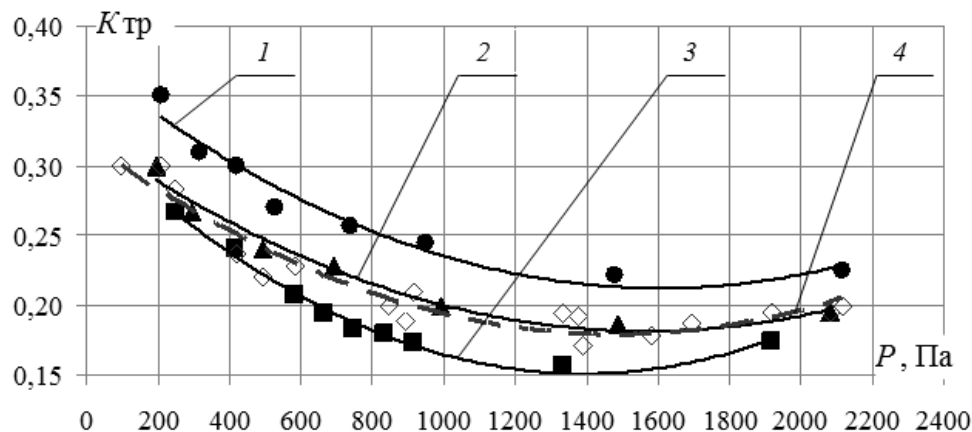


Fig. 2. The dependence of the friction coefficient of polyethylene on load at different values of channel depths H by heating the work surface: 1 – $H = 7$ mm, $t = 20$ °C; 2 – $H = 15$ mm, $t = 20$ °C; 3 – $H = 23$ mm, $t = 20$ °C; 4 – $H = 7, 15, 23$ mm, $t = 90$ °C

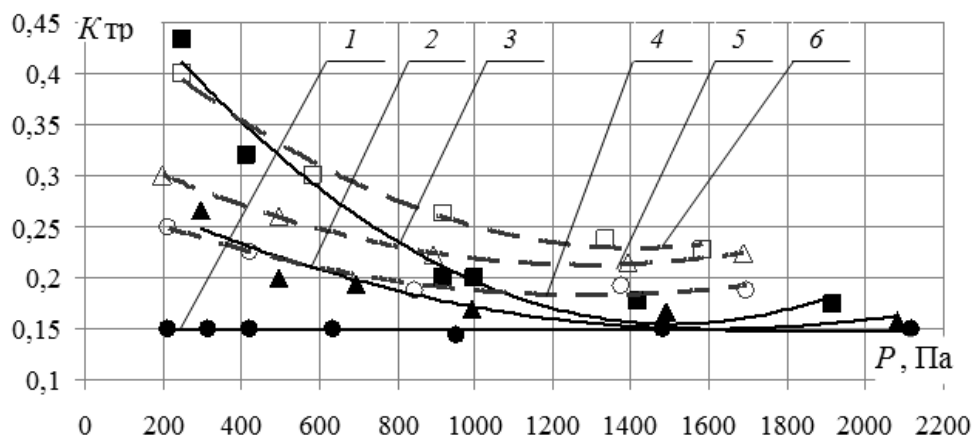


Fig. 3. The dependence of the friction coefficient of sevilene on load at different values of channel depths H by heating the work surface: 1 – $H = 7$ mm, $t = 20$ °C; 2 – $H = 15$ mm, $t = 20$ °C; 3 – $H = 23$ mm, $t = 20$ °C; 4 – $H = 7$ mm, $t = 80$ °C; 5 – $H = 15$ mm, $t = 80$ °C; 6 – $H = 23$ mm, $t = 80$ °C

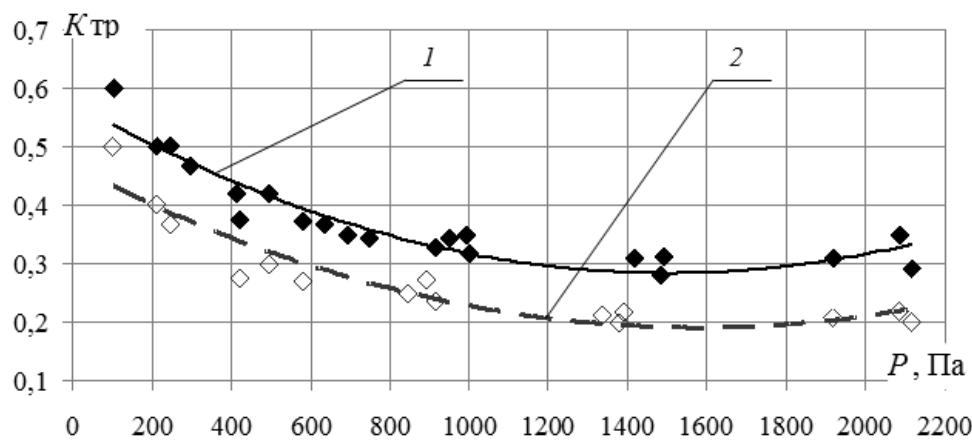


Fig. 4. The dependence of the friction coefficient of polystyrene on load at different values of channel depths H by heating the work surface: 1 – $H = 7, 15, 23$ mm, $t = 20$ °C; 2 – $H = 7, 15, 23$ mm, $t = 100$ °C

The polyethylene granules (fig. 4, *a*) have a rounded shape and is the little-deformed therefore during the movement they can slide with the rotation relative to each other. Thus, in the case of increasing the granules layer thickness H the sliding friction is partly changed to the rolling friction and the average friction coefficient decreases with the increasing of a channel depth (fig.2).

With the increasing of a temperature of a working surface to 90 °C the value of friction coefficient for polyethylene becomes independent on the changes a channel depth and acquires medium values relative to the curves with temperature 20 °C with saving the character of dependence.

For the sevilene, the average friction coefficient increases with the increasing of a channel depth (fig. 3), because though its granules have a rounded form (fig. 4, *b*), like as the polyethylene granules, and have the ability to slide with the rotation relative to each other, but there are deformed and as a result have the interaction with each other, so when the granule layer thickness H is small they are partially rotated and while increasing the granule layer thickness they are compressed and move as one. When heating surface of a working surface to 80 °C the value of friction coefficient for sevilene increases for each the curve separately, at the same time when reaching of maximum load values the minimum of the curves for the 80 °C is less expressed than for the 20 °C.

The average friction coefficient of polystyrene (fig. 4) doesn't depend on the changes a channel depth, the graph shows the one approximating curve from measurements for three depth values H . This can be explained by the fact that its granules are not spherical form, but flattened cylinders form with sharp edges (fig. 4, *c*), and they hardly deformed, therefore the rotation and compression almost doesn't happen and the granules layer behaves like a solid during the movement even for the small loads. When the polystyrene granules are being moved on the surface heated to a temperature of 100 °C, the values of friction coefficient is reduced and the character of dependence is the similar to the non-heated surface.

The difference between the described dependencies is explained by the different mechanical properties, including the values of strength, friction coefficient and deformation at different temperatures, which confirmed by many existing research. Their consideration when designing and calculation the new equipment for producing of polymeric products will reduce the power consumption and increase the performance of extrusion process and will do it economically advantageous.

List of references:

1. Tadmor Z., Gogos C. Principles of Polymer Processing. A John Wiley & Sons, Inc., 2006. 984 p.
2. Rauwendaal C. Polymer extrusion. Munich: Hanser Publishers, 2014. 934 p.
3. Трение полимеров. В. А. Белый, А. И. Свириденко, М. И. Петроковец, В. Г. Савкин. Москва: Наука, 1972. 202 с.
4. Основи проектування однокерв'ячних екструдерів: навч. посіб. / І. О. Мікульонко, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. Київ: НТУУ "КПІ", 2015. 200 с.

В.А. СВИДЕРСЬКИЙ, д.т.н., професор; А.Д. ПСТУХОВ, д.т.н., професор

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна, Київ

КРИСТАЛІЗАЦІЙНА ОРІЄНТАЦІЯ І КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ ПОЛІМЕРІВ

Проведено аналітичні дослідження орієнтаційного стану термопластів і полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) на їх основі. Показано, що одним з ефективних і перспективних методів модифікації ПКМ у розплаві є орієнтування елементів макромолекул. Для оцінювання рівня освоєння прихованих енергетичних ресурсів полімерів, пов'язаних з хімічними зв'язками, запропоновано використовувати коефіцієнт корисної дії полімерів. Вважається, що успішна кристалізаційна орієнтація з розплаву можлива при підготовці її на стадіях синтезу полімеру-матриці, підготовки розплаву ПКМ, формуванні заготовки виробу, приділяючи увагу не тільки на розтягування полімеру, а й на його зсув.

It was conducted analytical studies of the orientationally state of thermoplastics and polymer composite materials (PCM) on their basis are carried out. It is shown that one of the effective and promising methods of modifying the PCM in the melt is the orientation of the elements of the macromolecules. To assess the level of development of hidden energy resources of polymers associated with chemical bonds, for this was suggested to use the coefficient of efficiency of polymers. It is believed that a successful crystallization orientation from the melt is possible when preparing it at the stages of synthesis of the polymer matrix, preparing the PCM melt, forming the billet of the product, paying attention not only to stretching the polymer, but also to its binder.

Проведены аналитические исследования ориентационного состояния термопластов и полимерных композиционных материалов (ПКМ) на их основе. Показано, что одним из эффективных и перспективных методов модификации ПКМ в расплаве является ориентация элементов макромолекул. Для оценки уровня освоения скрытых энергетических ресурсов полимеров, связанных с химическими связями, предложено использовать коэффициент полезного действия полимеров. Считается, что успешная кристаллизационная ориентация из расплава возможна при подготовке её на стадиях синтеза полимера-матрицы, подготовки расплава ПКМ, формировании заготовки изделия, уделяя внимание не только на растяжение полимера, но и на его сдвиг.

Поряд з синтезом нових полімерів їх модифікація – один з популярних і ефективних напрямків розвитку вітчизняної полімерної галузі промисловості, завдяки котрої відбувається видозміна полімеру, що характеризується появою у нього нових ознак, властивостей при збереженні своєї сутності. Є шлях модифікації, котрий заслуговує особливої уваги – створення прийомів і методів орієнтаційної витяжки (деформаційного зміцнення), тому що оптимізація технологічних процесів вже досягає можливих меж, а орієнтаційні ресурси у окремих полімерів ще тільки починають вичерпуватися.

Відомо, що фізико-механічні властивості виробу з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) залежать від морфології полімеру-матриці, котра формується і змінюється в температурних, силових і швидкісних (часових) полях. Численні дослідження структурних перетворень, які протикають в мінливих зовнішніх умовах, показали що вони залежать і багато в чому пояснюються процесами, котрі відбуваються на молекулярному і надмолекулярному рівнях. Саме керовані переміни морфології макромолекул, ланцюгів їх елементів (сегментів), надмолекулярних утворень дають змогу отримувати нові позитивні особливості властивостей виробів, підвищення їх значень.

Зміна орієнтаційного стану окремих з термопластів, його вплив, зокрема на міцність, обрану нами як найбільш суттєвий, наочний при здійсненні впливу і цікавий для аналізу прихованих ресурсів міцнісних властивостей полімерів. Звідсіть і питання про їх «коефіцієнт корисної дії» полімеру (ККДП) при технічному застосуванні полімерного волокна. Нагадуємо, що взагалі коефіцієнт корисної дії (ККД) – характеристика ефективності системи (пристрою, машини) відносно перетворення або передачі енергії.

Далі в таблиці приведені порівняльні дані низки термопластів і ПКМ на їх основі з теоретичної міцності (по руйнуванню ланцюгів); з граничної міцності, що досягається; з міцності, практично досягнутою при розтяганні полімерного волокна на сьогодні.

Межа міцності, що досягається – це міцність ідеальної полімерної структури при заданій температурі, котра відрізняється від 0 К, та заданій швидкості деформації [2].

Термопласти і ПКМ на їх основі, виріб – полімерне волокно	Теоретична міцність волокна за хімічними зв'язками [1, 2], МПа	Гранична міцність, що досягається [1, 2], МПа	Практично досягнена міцність [3], (ДСТУ), МПа	ККДП за міцністю волокна при розтяганні, %
Поліетилен низького тиску	26460	6370	200	0,76
Поліакрилонітріл	15680	3920	400	2,55
Полікапроамід	25430	6860	820	3,23
Поліетилентерефталат	21560	5880	1000	4,64
Полівініловий спирт	22540	5880	1150	5,10

З аналізу порівняльних даних очевидно, що енергетичні ресурси ланцюгів макромолекул полімерів, їх елементів на порядки перевищують практично опанованих. Теоретично і експериментально міцність розтягування волокна зараз ККДП досягає для високоорієнтованих волокон, а також волокон зі зверхвисокомодульних полімерів 25% і вище, що і зараз є великим технічним досягненням. Широке промислово впровадження таких технологій не відоме.

Тому дослідження підвищення ККДП продовжуються. У чому проблеми і шляхи їх рішення. Макромолекули більшості широко розповсюджених термопластів гнучкі і мають у в'язкотекучому і високоеластичному стані форму хаотично звернутими у клубки або в більш організовані глобули. Тому при твердженні полімеру вони або зберігають цю форму майже незмінною (склоподібні системи), або відбувається їх перехід від клубка до складчастого кристалу (в системах, що кристалізуються), і мають вигляд просторової «гармошки», в котрій макромолекула складена «на себе». Таким чином, охолоджені полімерні системи являють собою структури, збудовані з окремих елементів розмірами в десятки або сотні ангстремів, з'єднаних між собою незначною кількістю хімічних зв'язків. Ці елементи можуть зберігати свою індивідуальність до доволно значних ступенів і величин деформації полімерних тіл, тому їх механічна поведінка майже повністю визначаються кількістю прохідних ланцюгів між неупорядкованих областей тіла. Завдяки збільшенню кількості таких ланцюгів майже відбувається зростання ККДП.

Основні закономірності впливу молекулярної орієнтації на властивості міцності полімерів були більш повно вивчені в найпростішому випадку – одноосьової орієнтації при отриманні полімерних волокон і дослідженні їх міцності. Для поточного ж обговорення досить сказати, що висока ступінь молекулярної орієнтації в волокнах,

одержуваних з ізотропних розплавів, досягається в дві стадії – філь'єрною витяжкою в процесі власне формування і подальшою орієнтаційною витяжкою в режимі вимушеної високоеластичної деформації. Досягнута ступінь молекулярної орієнтації зберігається в склоподібного стані практично необмежений час через величезні часи релаксації. У разі ж волокон з аморфно-кристалічних полімерів орієнтація фіксується ще й взаємодією в кристалічній фазі між кристалітами [1, 2].

Орієнтований стан полімерів має основне значення для такої продукції, як волокна, сітки, стрічки, а також плівки, труби, рулонні матеріали, стінки порожнистих виробів та інші. У першому випадку створюється одновісне орієнтований стан, у другому – в залежності від призначення плівки, рулонного матеріалу, порожнистого виробу характер орієнтації може змінюватися від строго одновісного до площинного, і навіть до двовісного.

Для орієнтованих полімерів при їх розтягуванні вздовж напрямку орієнтації характерні істотно більш високі значення міцності, а також більш низька деформованість в порівнянні з ізотропним матеріалами. Проявляється фібриляція полімерного тіла. Це легко пояснюється переважною орієнтацією макромолекул в одному напрямку і зменшенням їх конформаційного набору. Причина цього видно з моделі будови орієнтованих полімерів Петерліна, з котрій виходить, що при розтягуванні мікрофібрил все навантаження приходить на аморфний прошарок і руйнування (розрив) матеріалу здійснюється шляхом розриву прохідних ланцюгів в цих областях. Внаслідок цього одновісне-орієнтовані полімери мають дуже низьку міцність в поперечному напрямку і легко розщеплюються на окремі волоконця [3].

Є роботи, у котрих стверджується, що полімерні тіла мають різні деформаційні і міцнісні властивості в залежності від розмірів сферолітів та їх внутрішньої структури. Кращу деформуємість мають полімерні тіла з дрібними і недосконалими сферолітами, іншими надмолекулярними утвореннями. Модифікація полімерів функціональними додатками сприяє кристалізаційній орієнтації. Для одержання більш високих фізико-механічних властивостей виробів з полімерів може використовуватися термообробка (відпалювання), радіаційна і фотохімічна обробка.

Спостережувані високі швидкості кристалізації полімерів при охолодженні після філь'єрного витягування не можуть бути зрозумілі, якщо вважати, що при кристалізації відбувається перехід від повністю безладного стану переплутаних ланцюгів у розплаві до впорядкованої структури. Рух ділянок ланцюгів при «розплутуванні» макромолекул і їх дифузія в надзвичайно в'язкому розплаві при підготовці будови решітки (сітки), що формується, вимагається набагато більшого часу, ніж реальна тривалість кристалізації. Високу швидкість кристалізації можна пояснити тільки, якщо прийняти, що в розплаві існують області впорядкованості, а для їх кристалізації виявляється достатнім лише невеликих сегментальних рухів елементів макромолекул [3].

Підвищення ККДП не можливе без керованої підготовки елементів макромолекул при підготовці розплаву ПКМ і формуванні заготовки виробу, а ї при таких діях у фінішних технологічних операціях синтезу і саме полімерів. Вважається, що успішна кристалізаційна орієнтація з розплаву можлива при підготовці її на стадіях синтезу полімеру-матриці, підготовки розплаву ПКМ, формуванні заготовки виробу, приділяючи увагу не тільки розтягуванню полімеру, але і його зсуву.

Список використаних джерел:

1. Билибин А.Ю. Функциональные свойства полимеров: Учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1998. — 136 с.
2. Нижник В.В. Фізична хімія полімерів. Підручник / В.В. Нижник, Т.Ю. Нижник. — Київ: Фітосоціоцентр, 2009. — 424 с.
3. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. Издание 4-е, переработанное и дополненное. — М.: Научный мир, 2007. — 576 с.

УДК 678.02:678.5.059

E. NICOL¹, maître de conference; L. BENYAHIA¹, prof.; T. NICOLAI¹, prof.;
F. PUAUD¹, PhD.; A. ZAITSEV¹; I. RUDENKO²; L. MELNYK², PhD

¹University of Maine, Le Mans, France

² National technical university of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute»,
Kyiv

GELLING OF AMPHIPHILIC BLOCK COPOLYMERS

In this paper the process of the single electron transfer living radical polymerization is described, leading to the well-defined block-copolymers capable to jamming in the concentrated solutions. Obtained samples are studied by the techniques of static light scattering, spectrofluorimetry and their rheological properties are investigated.

Keywords: block-copolymers, jamming, micelles, rheological properties

A variety of the block-copolymers is synthesized by a method of a single electron transfer living radical polymerization (SET-LRP), the parameters of the jamming with the next crystallization are investigated. For the tracing of the kinetic plots and the determination of the polymerization degree a method of nuclear magnetic resonance were used, for the determination of the concentration of jamming – rheological and X-ray analysis (SAXS) were used. An aggregation number is determined by the static and dynamic light scattering (SLS/DLS).

On the base of the obtained data the dependence of the aggregation number on the concentration and the degree of hydrophobicity, also the parameters of a crystalline lattice of the crystallized solution of the polymer with the degree of polymerization of the hydrophobe block 7 were calculated.

With this polymer most experiments are performed, because it was used for X-ray studies. First, the temperature was shifted at different concentrations (Fig. 1).

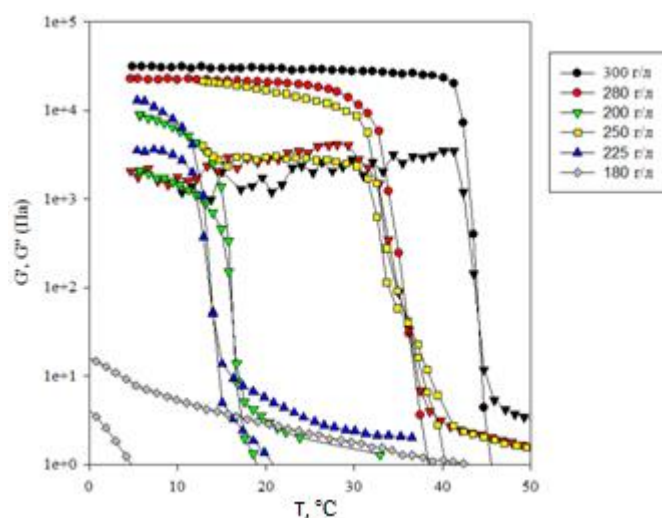


Fig. 1. Temperature shift DP = 7 at various concentrations.

It can be observed that under the same conditions as DP = 5, crystallization is observed at a concentration of 200 g / l, which is explained by the lower dynamism of the system.

The difference in rheological behavior of micelles and stars is that the jelly-liquid transition for micelles occurs sharply, while for stars it is smooth.

We observe this phenomenon in our system before and after crosslinking on a rheometer (Fig. 2).

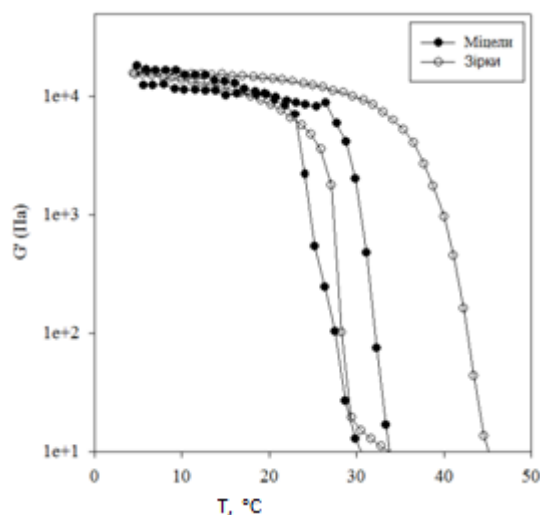


Fig. 2. A change in the behavior of micelles is observed when they are crosslinked directly on the rheometer.

To study the hypothesis on the adaptation of the aggregation of numbers, the following experiment was carried out. Polymer micelles were diluted to 40 g / l, i.e., to a concentration at which gelling does not occur. At the same time, the micelle concentrations were irradiated with UV to fix the aggregation number, after which the solution was evaporated to a concentration of 200 g / l, at which gelling was clearly observed. With the help of a time shift, the change in the modules was determined with that shown in Fig. 3.

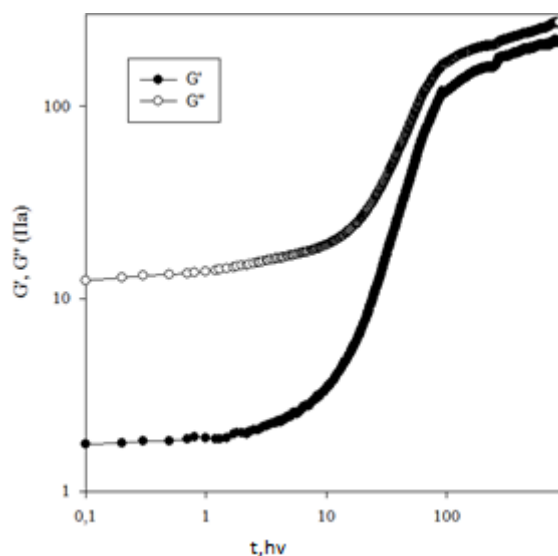


Fig. 3. Time shift for the polymer sewed at 40 g/l and concentrated to 200 g/l. Saving Module G' less than the loss modulus G'' that corresponds to a liquid state of system. At 5°C jamming doesn't occur even after 1000 minutes.

For a result we will compare change of the module of preservation for the micelles and stars formed at various concentration and the reconcentrated to 200 g/l (fig. 4).

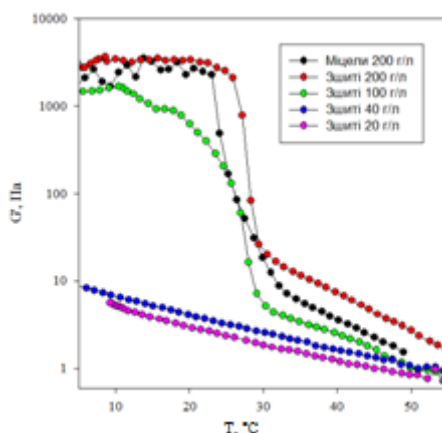


Fig. 4. Comparison of the module of preservation for the micelles and stars formed at various concentration.

X-ray diffraction analysis was used to determine the phenomenon of crystallization and the parameters of the crystal lattice. Researches were conducted on polymer solution with a polymerization degree of 7 at a concentration of 200 g/l.

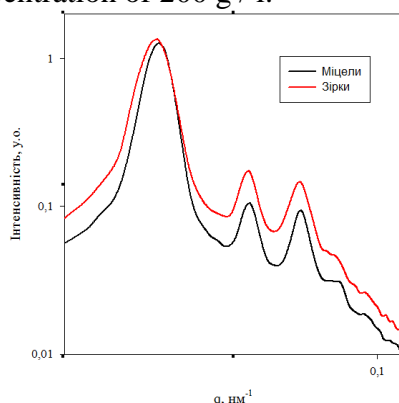


Fig. 5. Crystallization of solution of micelles and stars. We see that after sewing together of micelles a crystal lattice didn't collapse.

Further solution of stars was heated to 80 °C for destruction of a lattice (fig. 6).

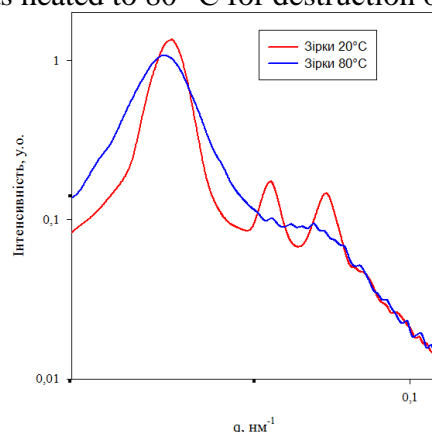


Fig. 6. Destruction of a crystal lattice of stars when heating.

Process is noted by disappearance of peaks of crystals. After that solution was again cooled to 20 °C. Such a sequence is necessary to test the ability not to preserve an already formed lattice, but to the formation of crystals by stars (Fig. 7).

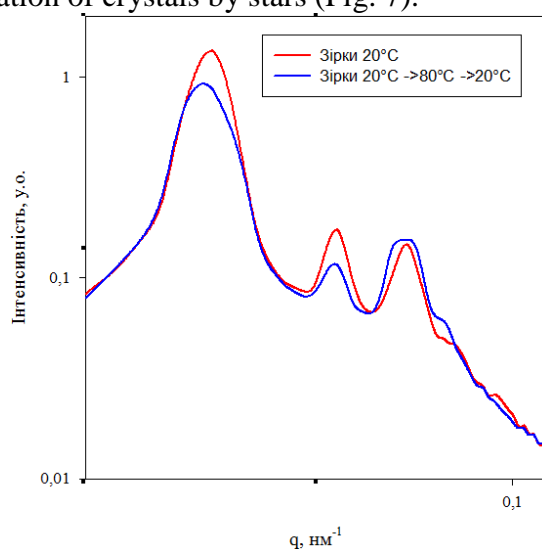


Fig. 7. Recrystallization of solutions of stars after a heating - cooling cycle.

The following research was conducted with the stars formed for 20 g/l and reconcentrated to 200 g/l. According to rheological studies, such a solution should not gelling (Fig. 8).

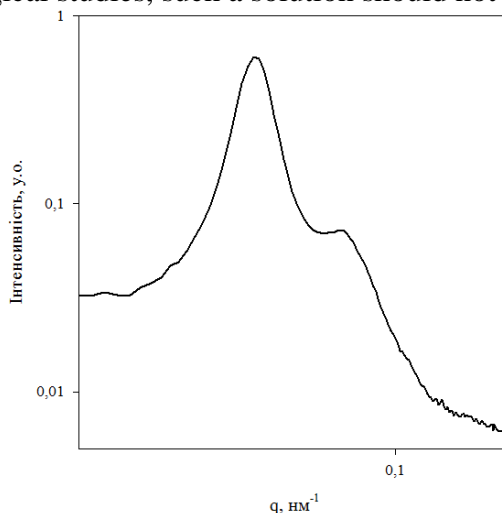


Fig. 8. The X-ray diffraction analysis of the stars formed at small concentration.

The absence of crystals is noted by the absence of scattering peaks.

Conclusions

Were determined type of a crystal lattice for crystallized solutions by the analysis of the received diffraction diagrams. The results show that the crystal lattice belongs to the type of cubic body-centered with a parameter of 207.5 nm. As a result of the carried-out work the ability to crystallize star-shaped polymers obtained in situ by crosslinking polymer micelles was established. At achievement of some critical aggregation number neither micelles nor the stars obtained from them are capable of gelling. Thus, we can state that the ability for gelling (and subsequent crystallization) is not associated with the chemical nature of the system (the star or micelle), but with the adaptation of the system's dimensions to gelling.

References :

1. Nicolai T., Lafleche F., Gibaud A., *Macromolecules*, **2004**, 37, 8066-8077
2. Nicol E., Benyahia L., Nicolai T., Zaitsev A., Melnik L., **2012**, P. 197-199, IX International Science and Technology Web-Conference «COMPOSITION MATERIALS».

УДК: 66.095.261.2

О.В. ЛАЖЕВСКАЯ¹, к.т.н.; Д.А. САВЧЕНКО¹, к.т.н.; Е.А. ПАЩЕНКО¹, д.т.н., профессор; Н.Е. НЕКОВАЛЬ¹; С.А. ГОЛОВЧУК²; Б.Н. БЫЧИХИН¹; А.Н. ЧЕРНЕНКО¹; А.Ю. КОРНУТА²; А.Г. ИВАЩЕНКО²

1 Институт сверхтвердых материалов им. В.М. Бакуля НАН Украины, Киев

2 Национальный политехнический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г.Киев

СИНТЕЗ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ С ЭФФЕКТОМ САМОАРМИРОВАНИЯ

В роботі розглянута можливість отримання олігомерів для створення адаптивних полімерів. В якості вихідних речовин використані епоксидна смола ЕД-24, амінооцтова кислота, оксалат міді. За даними гель-проникної хроматографії, вимірювань в'язкості, ІЧ-спектроскопії досліджена структура утворених олігомерів.

В работе рассмотрена возможность получения олигомеров для создания адаптивных полимеров. В качестве исходных веществ использованы эпоксидная смола ЭД-24,

аминоуксусная кислота, оксолат меди. По данным гель-проникающей хроматографии и измерений вязкости исследована структура полученных олигомеров.

The ability of production for oligomers for adaptive polymer design was considered. Epoxy resin ED-24, aminoacetic acid and iron oxalate were used as initial compounds. The structure of oligomers was investigated with the data of gel-permeating chromatography, viscosity measuring, IR-spectroscopy.

Ключевые слова: самоармирование, адаптивный полимер, эпоксидная смола, соединения меди

Основными направлениями разработки полимеров для абразивного инструмента являются создание термостойких и износостойких полимеров, регулирование адсорбционного взаимодействия на поверхности раздела полимеров с частицами наполнителей, создание полимеров с возможностью реакционного самоармирования [1]. Реакционное самоармирование – это способность материала образовывать новые химические связи при одновременном действии на материал температуры и механических усилий. Такие связи обратимы и исчезают после прекращения внешнего воздействия. Поэтому энергия, которая подводится к абразивному инструменту при его работе, приводит не к разрушению материала, а к дополнительному повышению износостойкости и термостойкости [2, 3]. Повышение этих свойств возникает за счет образования новых связей в полимере (рис.1):

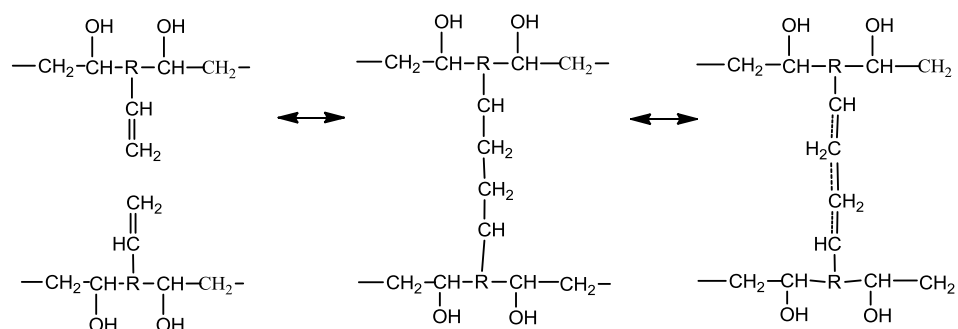


Рис. 1. Пример самоармирования в полимерных материалах

Первым этапом в создании полимеров с возможностью реакционного самоармирования является синтез и модификация олигомеров. Целью работы было подтверждение образования модифицированных олигомеров, способных в дальнейшем к самоармированию после полимеризации.

Исходными компонентами использованными в работе были эпоксидная смола ЭД-24 и модифицирующие агенты аминоксусная кислота и оксолат меди.

Оксолат меди вводился в состав эпоксидных олигомеров в количестве 5–20 мас.%. Модифицированные продукты исследовались методом гель-проникающей хроматографии, вискозиметрии и ИК-спектроскопии. Хроматограммы показывают повышение молекулярной массы олигомеров и их модифицирование (рис. 2):

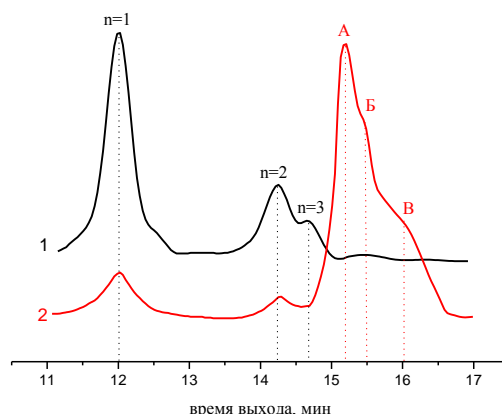


Рис. 2. Хроматограммы: 1 – исходная смолы ЭД-24; 2 – продукт модифицирования олигомера ЭД-24 производным Cu^{2+} .
 $n=1,2,3$ – количество мономерных звеньев в исходном олигомере
 А – основной продукт модифицирования; Б, В – удлинение цепей исходного продукта

Кинетика взаимодействия модифицирующих соединений с эпоксидными олигомерами оценивалась по увеличению динамической вязкости по мере прохождения реакции. Завершением процесса модифицирования можно считать прекращение роста вязкости системы

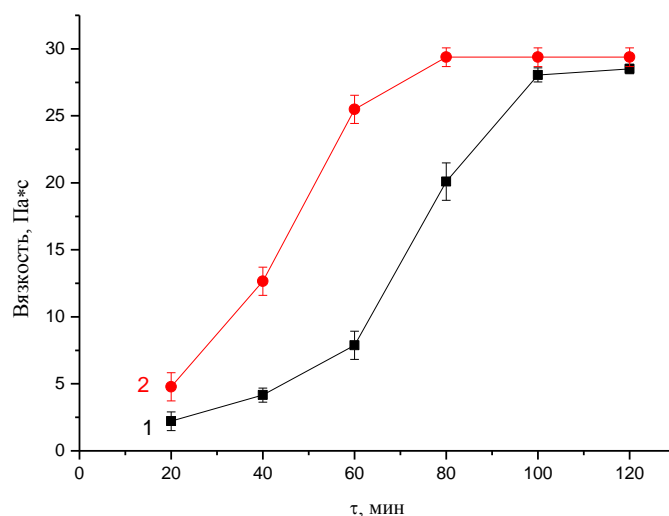


Рис. 3. Кинетика накопления продуктов взаимодействия эпоксидного олигомера ЭД-24 с производными меди в процессе модифицирования ($T = 358 \text{ K}$): 1 – ЭД-24+аминоуксусная кислота 2 – ЭД-24+аминоуксусная кислота +оксалат меди.

Таким образом, была доказана возможность получения олигмеров, которые могут быть прекурсорами для создания полимеров с возможностью самоармирования. В результате синтеза получают продукты, имеющие более высокую молекулярную массу, чем исходные компоненты. Точкой окончания синтеза можно считать момент прекращения нарастания вязкости реакционной смеси.

Список использованных источников:

1. Управление свойствами полимерных систем при их физической модификации / Ю.В. Зеленев, В.А. Ивановский, А.Ю. Шевелев, Н.В. Минакова // Пластические массы. – 2000, № 2. – С. 41–44.
2. Bonomo C. et al. A model for ionic polymer metal composites as sensors // Smart Materials and Structure – 2006, **15**. – N3. – P. 749–758.
3. Song G., Mo Y. L., Otero K. and Gu H. Health monitoring and rehabilitation of a concrete structure using intelligent materials // Smart Materials and Structure – 2006, **15**. – N2. – P. 309–315.

УДК 666.6

К.В. ОСАУЛЕНКО¹, В.М. ПАХОМОВА²

¹Київський національний торговельно-економічний університет

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВОЛОГОСТІЙКІ КРЕМНІЙОРГАНІЧНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПАПЕРУ

Дана оцінка ефективності застосування кремнійорганічних покриттів різного складу для захисту паперу на основі небіленої целюлози до дії вологого середовища в поєднанні з різними агресивними агентами.

Дана оценка эффективности применения кремнийорганических покрытий различного состава для защиты бумаги на основе неотбеленной целлюлозы к действию влажности сред в сочетании с различными агрессивными реагентами.

An efficiency mark of various composition silicon coatings using for paper protection based on the basis of unbleached cellulose to the humid environment action in the connection of different aggressive agents was given

Ключові слова: целюлоза, папір, кремнійорганічні покриття, гідрофобність, вологе середовище, агресивні реагенти, крайові кути змочування, ступінь екранування, механічна міцність.

Зростання об'єму застосування матеріалів на основі рослинних полімерів, зокрема целюлози, для різних функціональних цілей в промисловості зумовлює необхідність забезпечення їх ефективного захисту від дії атмосферних та деструкуючих впливів. Особливою агресивністю відрізняється волога, яка постійно присутня в оточуючому середовищі [1].

Дія сорбованої вологи на целюлозовмісні матеріали може проявлятися в ефекті Ребіндера, зміні міжмолекулярної взаємодії внаслідок пластифікації і антипластифікації, гідролізу та механічному руйнуванню.

Одним із найбільш ефективних засобів вирішення вказаної проблеми є використання тонкошарових захисних покриттів на основі кремнійорганічних сполук різних класів. В

той же час ефективно використання останніх потребує використання цілої низки фізико-хімічних особливостей целюлозовмісних субстратів, а саме:

- високий вміст реакційно здатних ОН-груп на їх поверхні;
- підвищена гігроскопічність;
- можливість прояву розвинених зворотних механічних деформацій;
- відносно низька механічна міцність в тонких шарах;
- невисока хімічна стійкість до дії хімічних сполук з рН, відмінним від нейтрального;
- широка сфера функціональних застосувань різноманітного цільового призначення.

Тому основна задача полягає в розробленні оптимального варіанту поєднання високої реакційної здатності поверхні целюлозовмісних субстратів з силосанамі, враховуючи особливості хімічного складу останніх та застосування різних методи їх керованої зміни.

Були досліджені три групи тонкошарових (до 5 мкм) кремнійорганічних покриттів на базі промислових силосанів різного ступеня реакційної здатності, їх модифіковані варіанти та двошарові схеми зі застосуванням адгезійних підшарів. В якості субстрату слугував набір з небіленої целюлози (об'ємна маса 800 кг/м^3 , руйнівне зусилля на розрив в поперечному напрямку не менше $3,34 \text{ Н}$).

В складі целюлози присутня значна кількість активних гідроксильних груп. Особливість останніх полягає в їх різних положеннях відносно основного кістяка макромолекули та, як наслідок, диференційованій реакційній здатності і доступності по відношенню до розчинів кремнійорганічних гідрофобізаторів. Важливу роль в такому випадку можуть відіграти модифікування останніх та застосування двошарових схем покриттів

Поєднання перерахованих чинників в різних комбінаціях та співвідношеннях і буде визначати ефективність захисної дії кремнійорганічних покриттів стосовно руйнівної дії води. Відносно останньої була реалізована спроба кількісно оцінити рівень подібності застосування різноманітних схем покриттів для захисту паперу у вологих середовищах в поєднанні з різними додатковими деструктивними факторами. Для порівняння досліджувались три вологі середовища (з відносною вологістю 95-98%; також вологість в поєднанні з дією мікроскопічних грибів; 95-98% вологість в присутності сольового туману) [2].

В якості функції відліку використовувались: крайові кути змочування поверхні паперу водою (θ , град); ступінь екранування (χ , %); руйнівне зусилля при розриві паперу [3].

Базуючись на експериментальних даних оцінки ефективності застосування кремнійорганічних покриттів різних складів для захисту паперу у вологих середовищах рівня 95-98%, що містять додаткові деструктуючі агенти (зокрема, мікроскопічні гриби та сольовий туман) дозволяють констатувати наступне:

- показана доцільність використання для оцінки ефективності застосування кремнійорганічних покриттів комплексу показників, що включає крайовий кут змочування поверхні паперу водою, ступінь її екранування, зміну маси паперу і руйнівного зусилля його при розриві, коефіцієнт порівняльної ефективності захисної дії кремнійорганічних покриттів;

- встановлено, що за ступенем деструктивної дії досліджуванні вологі середовища отримали неоднозначну оцінку по частині контрольованих параметрів. Згідно даних по змочуваності та ступеню екранування ряд має вигляд: вологе середовище < вологе середовище + мікроскопічні гриби < вологе середовище + сольовий туман. Механічна міцність паперу з кремнійорганічним покриттям змінюється в такій послідовності: вологе середовище < вологе середовище + сольовий туман < вологе середовище + мікроскопічні гриби. Дана хімічна оцінка зміни контрольованих параметрів для відмічених середовищ;

- зафіксовано переважаючу ефективність на базі ступеня зміни властивостей паперу з кремнійорганічними покриттями при застосуванні силоксанів з групами $\equiv\text{Si-H}$ в різних формах поєднання з адгезійними шарами;

- показано, що істотний вплив вологих середовищ може погіршувати водовідштовхуючі властивості паперу, змінюючи його масу та, як наслідок, зменшувати механічну міцність. Ступінь захисної дії досліджуваних кремнійорганічних покриттів визначається переважно їх складом, зокрема наявністю реакційноздатних груп, які можуть хімічно взаємодіяти з целюлозовмістним інгредієнтом паперу.

Список використаних джерел:

1. Дані щодо світового ринку целюлози. - Режим доступу <http://www.pulpandpaperonline.com>.
2. Карякина Н.И. Испытания лакокрасочных материалов и покрытий / Н.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272с.
3. Полифункциональные элементоорганические покрытия - / А.А. Пашенко, В.А. Свицерский и др. – Киев: Вища школа, 1987. – 197с.

УДК 620.186

Н.О. ДОРОГАНЬ; О.О. СІКОРСЬКИЙ; О.В. МИРОНЮК, к.т.н.; Л.П. ЧЕРНЯК, д.т.н., проф.; В.А. СВИДЕРСЬКИЙ, д.т.н., проф.

**Національний технічний університет України "КПІ ім. Ігоря Сікорського",
Україна, Київ**

ОПТИЧНА ТА ЕЛЕКТРОННА МІКРОСКОПІЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ

Наведено методику для визначення гранулометричного складу дисперсних матеріалів за допомогою оптичної та електронної мікроскопії. Описано принцип і послідовність роботи для визначення розмірів частинок за допомогою лабораторного обладнання.

Приведена методика для определения гранулометрического состава дисперсных материалов с помощью оптической и электронной микроскопии. Описаны принцип и последовательность работы для определения размеров частиц с помощью лабораторного оборудования.

The method for determining the size distribution of dispersed materials using optical and electron microscopy. Describes the sequence of work and to determine particle size using laboratory equipment.

Ключові слова: мікроскопічний аналіз, частинки, дисперсність, вимірювання, проби матеріалу.

Вступ

Ступінь подрібнення матеріалів є однією з найважливіших характеристик, що визначає їх технологічні властивості і області практичного використання. Гранулометричний (дисперсний або зерновий) склад найбільш повно характеризує ступінь подрібнення. Існує декілька методів дослідження дисперсності матеріалів (седиментаційний, ситовий). Застосування певного методу дослідження залежить від фізичних та хімічних властивостей матеріалу а також від розмірів частинок.

Одним із розповсюджених методів дисперсійного аналізу порошків є метод визначення гранулометричного складу за допомогою мікроскопу. Метод полягає у вимірюванні розмірів частинок візуально або по зробленим мікрознімкам зразку. Для зернового аналізу частинок розміром більше 0,5 мкм використовуються мікроскопи зі звичайною світловою оптикою, для частинок з розмірами менше 0,5 мкм застосовуються електронні мікроскопи.

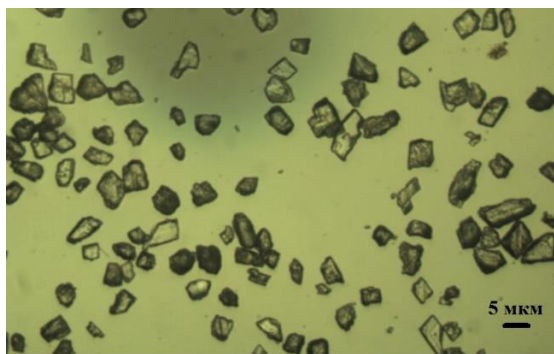


Рис. 1. Мікрофотографія зразку крейди із нанесеним маркером
Дослідження кафедри ХТКМ КПІ ім. Ігоря Сікорського

Точність мікроскопічного аналізу стає більш прийнятною, якщо вимірювання проводяться на кількох пробах одного матеріалу. Часто до недоліків цього методу відносять відсутність можливості проводити виміри в трьох напрямках, тобто неможливо об'єктивно виміряти анізодіаметричні частинки (розмір яких відрізняється по всіх трьох осях).

Це пояснюється прагненням кожної частинки прийняти саме стійке положення, тобто розташуватися паралельно поверхні по двом більшим лінійним розмірам. Через це стає невидимим найменший лінійний розмір частинки, який буде розташовуватися вертикально (паралельно лінії погляду). Необхідність підрахунку значної кількості частинок призводить до істотних витрат часу при проведенні мікроскопічних вимірювань.

Принцип дослідження гранулометрії за допомогою методу оптичної та електронної мікроскопії полягає в тому, що всі частинки матеріалу, які знаходяться в полі зору, необхідно спочатку поррахувати, а потім виміряти їх розміри користуючись маркером нанесеним на знімок. Всі отримані дані заносяться в таблицю.

Існує декілька варіантів аналізу результатів. Один із найзручніших методів – це аналіз знімків з частинками, які отримуються за допомогою спеціально встановлених додатків на ПК, в яких є опція вимірювання розмірів кожної окремої частинки. Більш простим та доступним методом є роздрукування знімків на аркуші паперу, та

співвідношення розмірів кожної окремої частинки за допомогою лінійки до розмірів маркеру нанесеного на фото.

Методика виконання роботи

Готуються зразки матеріалу, наприклад осадової крейди або каоліну. З наданих зразків студенти відбирають проби 5-10 г. з яких готуються суспензії, які поміщаються на предметне скло, яке накривається покривним склом. Зразок досліджується за допомогою оптичного або електронного мікроскопу, в залежності від розміру частинок. В ході роботи студенти роблять знімки всіх вибраних для аналізу зразків. Наступним етапом виконання лабораторної роботи є аналіз отриманих знімків.

Таблиця 1 - Підрахунок частинок крейди для побудови графіків

№	1	2	3	4	5
	Розміри фракцій, мкм	Кількість частинок, шт	Кількість частинок інтегральна, шт	Кількість частинок, %	Кількість частинок інтегральна, %
1	0	0	0	0	0
2	5	8	8	11	11
3	10	16	24	22	33
4	15	29	53	40	73
5	20	9	62	13	86
6	25	7	69	10	96
7	35	3	72	4	100
8	-	Сума частинок = 72 шт.	-	Сума частинок = 100%	-

Після одержання мікрофотографій частинок, або при виконанні роботи на мікроскопі з можливістю проектувати зображення на монітор ПК і проводити вимірювання за допомогою спеціальних додатків, слід виконати наступні кроки та занести результати в таблицю 1 в такій послідовності:

1. Порахувати всі частинки на мікрофотографії, або на дисплеї ПК;
2. Самостійно вибрати фракції, на які доцільно розділити саме ці досліджувані полідисперсні частинки (стовпчик 1, табл. 1);
3. Визначити скільки частинок відноситься до кожної фракції (стовпчик 2, табл. 1);
4. Після підрахунків заповнити стовпчики 3, 4 і 5 таблиці 1;
5. Побудувати диференційну та інтегральну криві розподілу частинок за розмірами, як зображено на прикладі графіку 2, побудованого за табличними значеннями.

Після заповнення табл. 1 можна приступити до побудови графічного зображення розподілу частинок.

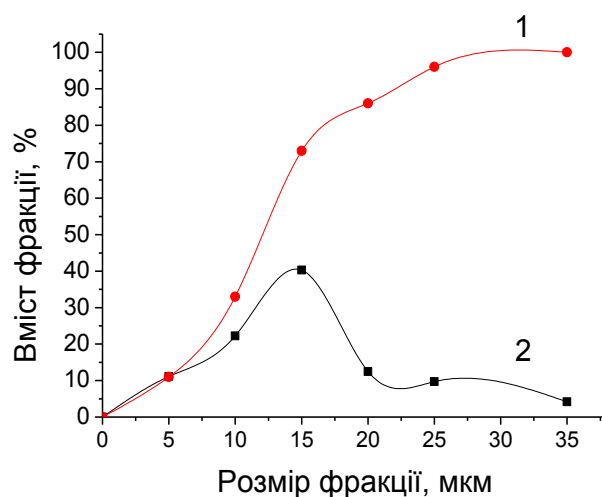


Рис. 2. Графічне зображення розподілу частинок за фракціями:
 1 – інтегральна крива розподілу частинок за розміром;
 2 – диференційна крива розподілу частинок за розміром.

Обробка результатів роботи

Отримані за допомогою мікроскопу мікрофотографії аналізують за допомогою встановлених на комп'ютері додатків, або роздруковують на принтері та аналізують за допомогою лінійки. Дані заносять у таблицю 2.

Таблиця 2 - Підрахунок частинок для побудови графіків

№	1	2	3	4	5
	Розміри фракцій, мкм	Кількість частинок, шт	Кількість частинок інтегральна, шт	Кількість частинок, %	Кількість частинок інтегральна, %
1					
2					
3					
...					

Після аналізу мікрознімків досліджуваних матеріалів, будуються графіки інтегрального та диференційного розподілу частинок, як приклад можна користуватися рис. 2. В кінці протоколу необхідно зробити розгорнуті висновки, щодо отриманих навичок під час виконання лабораторної роботи.

Список використаних джерел:

1. Современная электронная микроскопия в исследовании. – М., Наука, 1982. – 286 с.
2. ДСТУ Б А.1.1-9-94. Метод електронної мікроскопії матеріалів. Терміни та визначення. – Введ. 01.10.94. – К.: Держкоммістобудування України, 1994. – 29 с.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЗНИК

Alex Soroka	9	Корнута А.Ю.	94
Balickiy V.U.	47	Корогодская А.Н.	24
Benyahia L.	90	Круглицька В.Я.	44
Fleisher H.U.	57	Кучеренко К.В.	60
Goncharuk A.A.	41, 47, 52	Лажевская О.В.	60, 94
Luong Duc Long	57	Левадная С.В.	24
Lutai A.M.	41, 47, 52	Лисачук Г.В.	51
Melnyk L.	90	Лисничук И.Л.	67
Mikulionok I.	82	Ліснічук І.Л.	80
Nicol E.	90	Мельник Л.І.	64, 71
Nicolai T.	71, 90	Миронюк О. В.	62, 77, 99
Nikitin E.E.	41, 47	Мичка М.М.	21
Puaud F.	90	Нековаль Н.Е.	94
Rudenko I.	90	Нудченко Л.А.	28
Sokolskyi O.	82	Осауленко К.В.	97
Sviderskyi V.A.	57	Пахомова В.М.	44, 97
Timoshenko V.A.	52	Пащенко Е.А.,	60, 94
Tokarchuk V.	57	Петухов А.Д.	67
Trus I.M.	57	Петухов А.Д.	80, 87
Vytvytskyi V.	82	Питак Я.Н.	51
Zaitsev A.	90	Пітак Я.М.	34
Баклан Д.В.	62, 77	Рищенко М.І.	56
Барбаш В.А.	75	Савченко Д.А.	60, 94
Бычихин Б.Н.	94	Сальник В.Г.	28
Ведь Г.И.	67	Сангінова О.В.	9
Ворожбян Р.М.	24	Свидерский В.А.	67
Гамова О.А.	24	Свідерський В.А.	9, 28, 64, 87, 99
Глуховский В.В.	26, 36	Святченко А.А.	60
Глуховский И.В.	26, 36	Сікорський О.О.	99
Глуховський В.В.	14	Скрипник М.М.	18
Глуховський І.В.	14	Тьортих Т.С.	80
Головчук С.А.	94	Федоренко Д.О.	56
Гребенюк А.П.	51	Федоренко О.Ю.	56
Дашкова Т.С.	14, 21, 26, 36	Федорович С.Р.	44
Дворкін Л.Й.	18	Федорович В.О.	56
Девятова Н.Б.	24	Чернега О.В.	34
Дорогань Н.О.	9, 99	Черненко А.Н.	60
Дудко В.А.	62, 77	Черняк Л.П.	9, 99
Житковський В.В.	18	Чопенко Н.С.	34
Зайцев А.В.	71	Шабанова Г.Н.	24
Иващенко А.Г.	94	Шнирук О.М.	71, 75, 80
Ковальчук В.О.	75	Шньирук О.М.	67
Кораблева П.С.	51	Ященко О.В.	75