



Міністерство освіти і науки України

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

Хіміко-технологічний факультет

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



м. Київ, 2016

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

Рекомендовано Вченою радою
Хіміко-технологічного факультету
(протокол № 5 від 30 травня 2016 р.)



**МАТЕРІАЛИ ІХ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
WEB-КОНФЕРЕНЦІЇ
«КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ»
(свідоцтвоУкрІНТЕІ № 2 від 25 січня 2015)**

травень 2016 р.

м. Київ

СКЛАД РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ ІХ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ WEB-КОНФЕРЕНЦІЇ «КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ»

Свідерський В.А.	голова редакційної колегії д.т.н., проф., зав. кафедри хімічної технології композиційних матеріалів,
Петухов А.Д.	д.т.н., проф., професор кафедри хімічної технології композиційних матеріалів
Черняк Л.П.	д.т.н., проф., професор кафедри хімічної технології композиційних матеріалів
Круглицька В.Я.	к.т.н., проф., професор кафедри хімічної технології композиційних матеріалів
Пашенко Є.О.	д.т.н., проф., зав. відділом, інститут надтвердих матеріалів НАНУ ім. В.Н. Бакуля
Мікульонок І.О.	д.т.н., проф., професор кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування, інженерно-хімічний факультет НТУУ «КПІ»
Токарчук В.В..	к.т.н., доцент, доцент кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, заступник декана ХТФ
Глуховський І.В.	к.т.н., доцент, доцент кафедри хімічної технології композиційних матеріалів
Миронюк О.В.	к.т.н., ст. викладач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів
Пахомова В.М.	технічний секретар Секція 1 асистент кафедри хімічної технології композиційних матеріалів
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 ІХ Міжнародної науково-технічної WEB-конференції «Композиційні матеріали» (травень 2016 р.). Укладачі: Мельник Л.І., Пахомова В.М. - 114 ст.

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.

Наклат 50 примірників

© Усі права авторів захищені.

Використання матеріалів тільки з письмової згоди авторів, 2016.

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

1	Гончарук О.О., Лугай А.М.	Вплив умов лазерного опромінення на міцність зерен кнб	9
2	Цибенко М.Ю., Нудченко Л.А., Дорогань Н.О., Лесних Н.	Різновиди глинистого компоненту та коагуляційна структура цементного шламу	14
3	Гончарук О.О., Лугай А.М.	Підвищення ефективності виготовлення абразивних кругів з кнб застосуванням лазерного спікання	19
4	Гончарук О.О., Лугай А.М.	Вплив лазерного випромінювання на стабільність кубічного нітриду бора	24
5	Sviderkyi V.A. Luong Duc Long, Tokarchuk V.V. Fleisher H.U., Trus I.M.	Organic nitrogen-containing clinker grinding aids	28
6	Харченко Е.А., Глуховский И.В., Глуховский В.В., Дашкова Т.С., Жуковина А.В.	Влияние поверхностно-активных добавок на процессы формирования структуры вяжущих контактно-конденсационного твердения	32
7	Шмельова Є.П.	Дослідження розчинності композиційної системи в неорганічному модельному середовищі	39
8	Вазієв Я.Г., Павленко О.В.	Композиції на основі фосфогіпсу та відходів піноскла	41
9	Бондар О.О., Гречанюк В.Г.	Формування структури в'язучого на основі портландцементу з добавками нанокремнезему	43
10	Дашкова Т.С., Глуховський В.В., Глуховський І.В.	Ефективність використання клінкерної складової у портландцементях з активними мінеральними добавками	45
11	Ільницький Д.М.	Шляхи реформування цементної промисловості України за прикладом Німеччини	52
12	Круглицька В.Я., Пахомова В.М., Федорович С.Р.	Метод конічного пластометра для аналізу структурованих дисперсій	54

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

1.	Котел Л.Ю., Бричка С.Я.	Антивоспламеняющие свойства композита резина/галлоизитные нанотрубки	58
2.	Берладір Х.В., Руденко П.В., Свідерський В.А., Будник О.А.	Особенности модифікації поверхні волокнистого наповнювача для політетрафторетиленових композитів	60

3.	Головчук С.А.	Вплив концентрації та фазового стану компонентів на вихід і будову гібридних олігомерних продуктів	63
4.	Витвицький В.М., Сокольський О.Л., Мікульонюк І.О.	Коефіцієнт тертя гранульованого поліетилену	66
5.	Савченко Д.О., Пащенко Е.А., Нековаль Н.Н., Головчук С.А., Лажевская О.В., Бычихин В.Н., Черненко А.Н.	Формирование графен-графановых структур в полифенолятах ванадия, железа, меди в процессе полимеризации	67
6.	Skorokhod S.V. Zaitsev A. Dudko V.A.	Research of physicommechanical properties of composites based on modified epoxy oligomers	70
7.	Скоруход С.В., Кучеренко К.В., Мельник Л.І	Тепловиділяючі покриття на основі полімерних композицій	73
8.	Малашук Н.С., Романчук Б.В., Колосов О.Є.	Модифікація полімерних композиційних матеріалів	76
9.	Стадницька О.М., Пащенко Є.О.	Зв'язок механічних характеристик модифікованих епоксидних полімерів з вмістом металокомплексних фрагментів	77
10.	Барбаш В.А., Шнирук О.М., Ященко О.В., Ковальчук В.О.	Отримання наноцелюлози із стебел пшеничної соломи	79
11.	Карєв А.І., Данченко Ю.М	Перспективи використання рослинних відходів у виробництві полімерних композитів	81
12.	Сіволапов П.В., Миронюк О.В., Сікорський О.О.	Вплив апретуючих добавок на гідрофобні властивості каоліну	83
13.	Страхов О.А., Миронюк О.В.	Дослідження ефективності гідрофобізаторів при оборобці волокнистих матеріалів	84
14.	Rudenko I.V. Lebedych V.S., Myronyuk O.V., Sikorsky O.O., Sajanyan A.	Determination of polymer surface energy	87
15.	Ліснічук І.Л. Юрченко А.В. Шнирук О.М. Мельник Л.І.	Залежність кута змочування певт-композиції від концентрації крейдової добавки	89
16.	Пижова К. Д., Яременко В.Е., Тарасенко Ю.В.	Модифікація вторинних композиційних матеріалів деревним наповнювачем та каоліном	91
17.	Ільїна К.Ю., Трачевський В.В., Жуковська Н.В.	Дослідження кристалічної структури модифікованих полісилоксанів	94

18	Дребезова Л.П., Пасько Н.И., Яременко В.Е., Гресь С.А.	Огнестойкие эластомерные композиции	терморасширяющиеся	98
19	Найда А.М. Петухов А.Д., Свідерський В.А.,	Порівняльні дослідження властивостей труб з НПВХ і ПВХ-О		100
20	Найда А.М., Петухов А.Д., Свідерський В.А.	Експериментальний модуль для досліджень орієнтування труб із НПВХ		104
21	Зубенко Ю.В., Пупкова Н.Г., Жуковська Н.В., Привалко Е.Г.	Кінетика вспінення композиційного матеріалу з високим вмістом зворотнього відходу		107
22	Шнирук О.М., Юрченко А.В., Ліснічук І.Л., Швед Д.М., Коваль В.В.	Залежність модуля юнга від концентрації крейди в композиції		109
23	Найда А.М. Шнирук О.М., Федун В.І., Тимошенко О.В., Коваль В.В., Мельник Л.І.	Вплив орієнтування пвх на релаксацію видовження зразків після випробувань		111
	Алфавітний показник			114

СЕКЦІЯ №1

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ТУГОПЛАВКИХ
НЕМЕТАЛІЧНИХ І СИЛІКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ
(МАТЕРІАЛИ, ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, ВИРОБИ)

ГОНЧАРУК О.О., к.т.н., доцент, ЛУТАЙ А.М.

Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

ВПЛИВ УМОВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ НА МІЦНІСТЬ ЗЕРЕН КНБ

Повідомляються результати досліджень впливу параметрів лазерного опромінення з довжиною хвилі $\lambda=1,06$ мкм 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 $\lambda=1,06$ мкм 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.

Ключові слова: лазерне спікання, абразивний інструмент, кубічний нітрид бору.

У сучасному виробництві при фінішній обробці виробів із залізобуглецевих сплавів широко використовуються абразивні інструменти, робочий шар яких являє собою композит, що містить рівномірно розташовані у металевій зв'язці зерна кубічного нітриду бора (КНБ). Застосування шліфувальних кругів з КНБ дозволяє успішно вирішити проблему якісної та продуктивної обробки цих сплавів. КНБ характеризується унікальним поєднанням фізико-механічних і хімічних властивостей, порівняно з алмазом, має більшу термостійкість, використовується при збільшених навантаженнях. Широко застосовується для круглого й плоского шліфування, доводочних та полірувальних операцій, при виготовленні інструментів та деталей з різноманітних сталей, кольорових металів і сплавів. Головною відмінністю КНБ порівняно з синтетичними алмазами є його хімічна інертність до залізобуглецевих сплавів.

Методика проведення досліджень

Метою дослідження було встановлення діапазону максимальних значень температури лазерного нагрівання різних марок шліфпорошків КНБ, при яких не відбувається зменшення їх міцності.

Як було встановлено раніше [1-4], КНБ має високу поглинальну здатність лазерного випромінювання з $\lambda=10,6$ мкм – (80 – 90)%, металева зв'язка – (40 – 60)%. Але серед сучасних лазерних комплексів широкої популярності

набувають лазерні системи працюючі на $\lambda=1,06$ мкм, які мають ряд суттєвих переваг у порівнянні з CO_2 -лазерами. Тому перспективним напрямком розвитку виготовлення абразивного інструменту способом лазерного термодеформаційного спікання є використання лазерів з $\lambda=1,06$ мкм та дослідження його впливу на міцність зерен КНБ.

Вивчення впливу лазерного опромінення на міцність зерен КНБ проводилося на зразках інструментальних композитів різних систем, що відрізняються температурою плавлення й твердістю: ПС-12Н-ВК та Бр010. Зразки прямокутної форми з ущільненими й зволженими цапонлаком порошковими композитами, розміщувались на підкладці, виготовленій зі сталі 45, та піддавалися обробці лазерним випромінюванням твердотільного зі світлодіодною накачкою Nd:YAG – лазера «DY044» з $\lambda=1,06$ мкм (густині потужності $W_p=(0.1-1.4)\times 10^4$ Вт/см², час обробки $\tau=0,06-4,5$ с). Лазерна обробка здійснювалась на повітрі й при додатковому захисті в середовищі аргону з витратою 2-14 л/хв. Отримані зразки досліджувалася з застосуванням методів растрової електронної мікроскопії, локального і інтегрального рентгеноспектрального елементного аналізу на скуючому електронному мікроскопі ZEISS EVO 50 XVP виробництва ZEISS.

Результати експериментальних досліджень

Встановлено діапазон режимів лазерного випромінювання та механізм руйнування зерен КНБ, який складається з наступних етапів: очищення від продуктів синтезу без негативного впливу на показники міцності; поява на зернах тріщин, що утворюються в результаті різниці коефіцієнтів термічного розширення кристалу КНБ та металу каталізатора; наступним етапом є ініціювання часткового фазового перетворення $\text{cBN} \rightarrow \text{hBN}$ (рис.1). Аналізуючи отриманні данні при вимірюванні статичної міцності зерен КНБ видалених зі зв'язки ПС-12НВК, встановлено збільшення міцності у зерен КНБ металізованих нікелем (рис.2), у порівнянні з вихідним значенням. Це пов'язано зі збільшенням ступеня металізації Ni з 64% до 150% (від маси зерна КНБ). Слід також відмітити, що при побічному опроміненні спостерігається зміщення режимів обробки лазерним випромінюванням у сторону більш жорстких, без втрати показників міцності КНБ, про що свідчать данні вимірювання статичної міцності. Це дозволяє використовувати у якості зв'язки матеріали з температурою плавлення, яка перевищує 800-1000°C. Дані електронографічного аналізу ідентифікують витравлені зерна як КНБ (рис.1), що корелює з даними вимірювання міцності (рис.3).

Електронографічний фазовий аналіз зерен того ж порошку після лазерного спікання композиту із сплавом ПС-12НВК показав наявність лише одної фази hBN. Тобто лазерне опромінювання та взаємодія абразиву із зв'язкою привела до зникнення нітриду V_{13}N_2 . Вірогідна причина цього процесу – дисоціація нітриду в наслідок більш високого значення коефіцієнта поглинання (КП) лазерного випромінювання в ньому порівняно з КП у hBN.

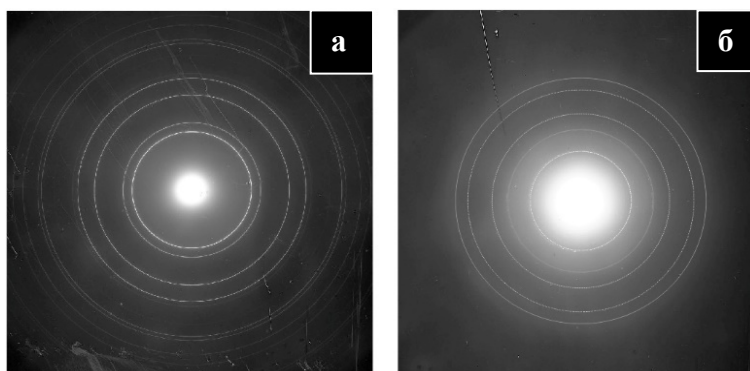


Рис. 1. Данні електроннографічного аналізу: а) еталон Al; б) КНБ витравлений зі зв'язки ПС-12НВК: $P=500$ Вт, $v=0,2$ м/хв, $d_0=3$ мм, $A\gamma=14$ л/хв

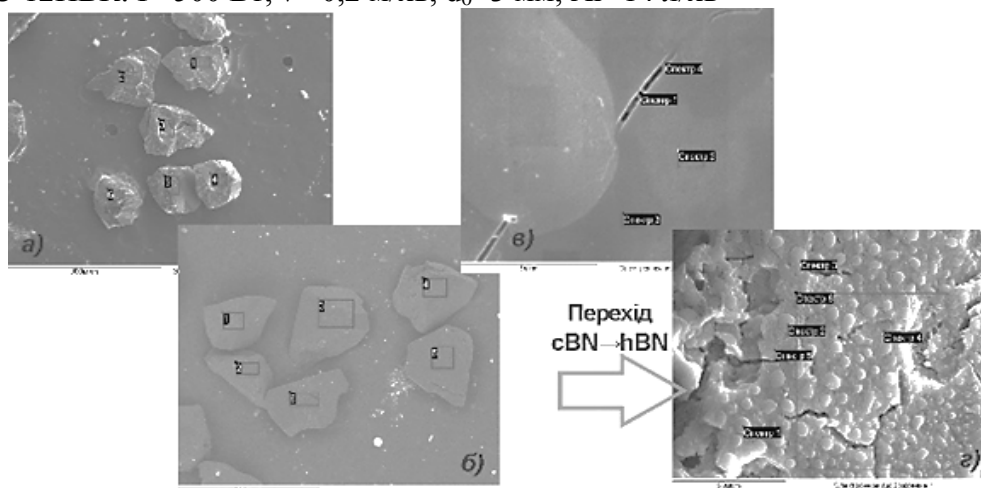


Рис. 2. Механізм впливу лазерного випромінювання на зерна шліфпорошку КВ: а) вихідний КНБ (x150); б) $P=300$ Вт, $v=0,1$ м/хв, $d_0=3$ мм (x250); в) наявність тріщин: $P=500$ Вт, $v=0,1$ м/хв, $d=3$ мм (x20000); г) $P=800$ Вт, $v=0,1$ м/хв, $d_0=3$ мм: часткове фазове перетворення cBN→hBN (x5000)

Вплив режимів обробки випромінюванням з $\lambda=1,06$ мкм на твердість та розмірні характеристики композитів на нікелевій (ПС-12НВК) та мідній (Br010) основах наведені на рис.4.

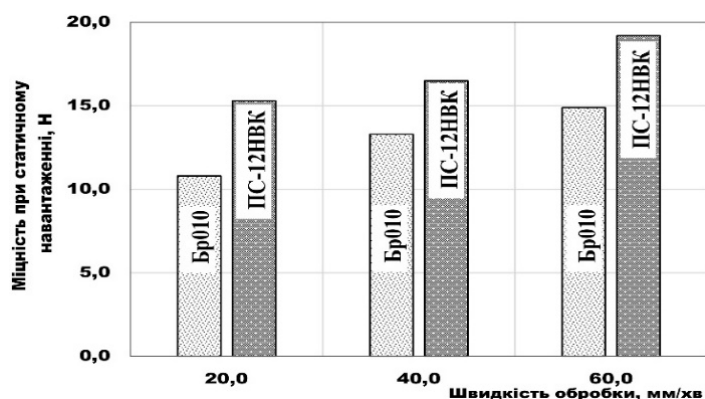


Рис. 3. Міцність зерен КВ 315/250 металізованих Ni, витравлених зі сформованого лазерним опроміненням абразивного шару з Br010 та ПС-12НВК при статичному навантаженні ($\lambda=1,06$ мкм: $d_0=1$ мм, $P=200$ Вт, $A\gamma=14$ л/хв)

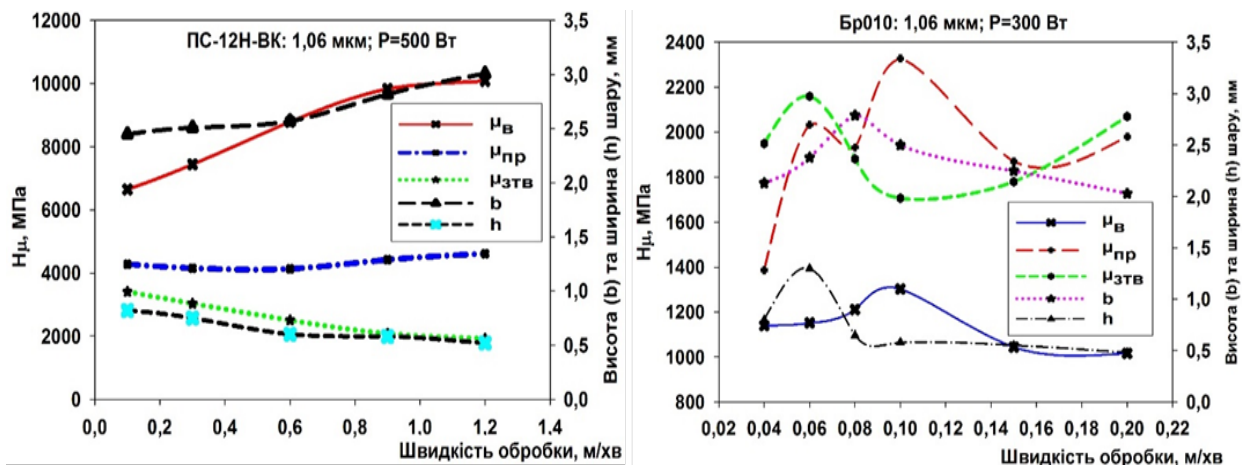


Рис. 4. Вплив режимів лазерної ($\lambda=1,06 \mu\text{м}$) обробки на мікротвердість композиту та розмірні характеристики абразивного шару: а) ПС-12НВК; б) Бр010

Спикання шару композиту зі стабільними розмірами має місце при швидкостях обробки 0,2 - 0,6 м/хв й густині потужності $W_p=(0,7...1,5) \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2$. З метою збільшення швидкості відносного руху було застосовано лазерне спикання у середовищі аргону, при витраті останнього від 7 до 14 л/хв. У порівнянні з технологічними режимами при спиканні композитів з $\lambda=10,6 \mu\text{м}$ для отримання шару зі стабільною геометрією є доцільним загальне зниження густини потужності випромінювання і підвищення швидкості обробки.

Відмічене щільне охоплення зерен КНБ досліджуваними зв'язками, що забезпечує високі експлуатаційні властивості отриманого композиту (рис. 5)

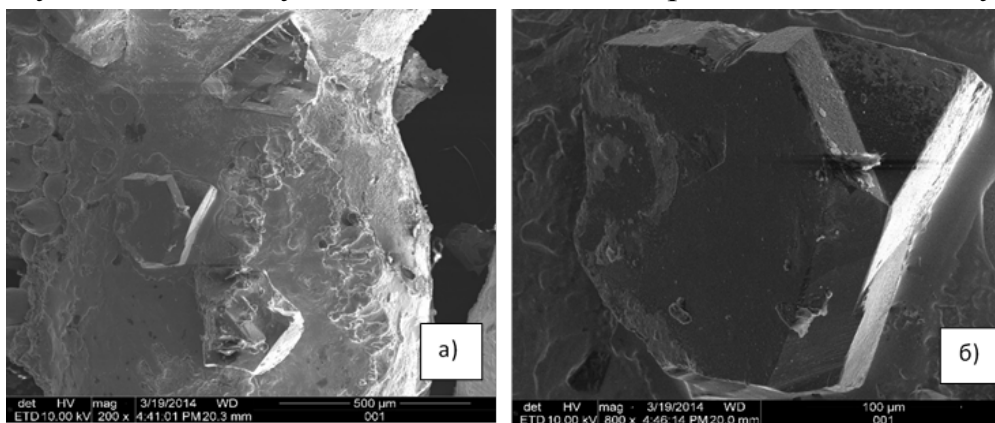


Рис. 5. Електронне зображення зерна КНБ марки КВ 315/250 металізованого нікелем у зв'язці ПС-12НВК при обробці з $\lambda=1,06 \mu\text{м}$: $P=500 \text{ Вт}$; $d_0=3 \text{ мм}$; $v=0,1 \text{ м/хв}$; $Ar=7 \text{ л/хв}$.

Усреднюючи отримані дані можна констатувати, що показник міцності зерен зменшився у допустимому діапазоні 5-8%. Слід також відмітити, що при побічному опроміненні спостерігається зміщення режимів обробки лазерним випромінюванням у сторону більш жорстких, без втрати показників міцності КНБ.

Таким чином, головним результатом виконаних досліджень впливу лазерного опромінювання на фізичний стан та властивості порошків КНБ

можна вважати визначення оптимальних енергетичних параметрів концентрованого лазерного опромінювання порошків КНБ [густина потужності $(1.6...2.0) \cdot 10^3$ Вт/см², час дії 0,2 – 0,3 с], що забезпечують температурний інтервал їх нагрівання в діапазоні 1000 – 1200оС, яке не чинить негативного термічного руйнівного впливу на зерна КНБ. Це дозволяє з високою продуктивністю і низькою собівартістю формувати КНБ-вмісні композити для різноманітної номенклатури інструментів з точки зору форми, геометричних розмірів і властивостей зв'язок, створює передумови для лазерного селективного сортування та лазерного модифікування порошків КНБ

Список використаних джерел

1. *Блощаневич А.М., Бочко А.М.* и др. Лазерная резка материалов на основе алмаза и плотных модификаций нитрида бора // Порошковая металлургия. – 2004. – №3/4 – С.47-53.
2. *Толочко Н.К., Хлорков Ю.В.* и др. Измерение поглощательной способности свободно насыпанных одно компонентных металлических порошков и ее изменение в процессе лазерной обработки // Порошковая металлургия. – 1997. – № 7/8. – С. 89-94.
3. *Гончарук О.О., Головки Л.Ф., Каглык О.Д.* Влияние лазерного нагрева на прочность кубического нитрида бора при статическом нагружении // Восточно-европейский Журнал передовых технологий. – 2010. – №1/6(43) – С. 4-10.
4. *Гончарук О.О., Головки Л.Ф., Каглык О.Д., Лутай А.М.* Визначення оптимальних умов лазерного формування інструментального шару абразивних інструментів // Восточно-европейский Журнал передовых технологий. – 2012. – №6/5(60) – С. 28-31.

ЦИБЕНКО М.Ю.¹, НУДЧЕНКО Л.А.¹, ДОРОГАНЬ Н.О.¹, ЛЕСНИХ Н.²

¹ Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ.

² Університет прикладних наук, м.Вісмар (Німеччина)

РІЗНОВИДИ ГЛИНИСТОГО КОМПОНЕНТУ ТА КОАГУЛЯЦІЙНА СТРУКТУРА ЦЕМЕНТНОГО ШЛАМУ

Показано особливості коагуляційного структуроутворення водних дисперсних систем – цементного шламу на основі вапняку при застосуванні глинистих компонентів різного хіміко-мінералогічного складу і дисперсності. Дано порівняння структурно-механічних і реологічних характеристик шламу для виготовлення портландцементу з комплексним використанням глинистої сировини та золи-виносу ТЕЦ.

Показаны особенности коагуляционного структурообразования водных дисперсных систем - цементного шлама на основе известняка при применении глинистых компонентов различного химико-минералогического состава и дисперсности. Дано сравнение структурно-механических и реологических характеристик шлама для изготовления портландцемента с комплексным использованием глинистого сырья и золы-уноса ТЭЦ.

Provided specifics of coagulation structure formation of water dispersion systems - the cement sludge based on limestone using clayey components with different chemical-mineralogical composition and dispersion. Given comparison of structural-mechanical and rheological characteristics of sludge used for the Portland cement production with complex usage of raw clay and fly ash from thermal thermoelectric plant.

Ключові слова: цемент, суміш сировинна, глина, зола-виносу, мінералогія, шлам, структура коагуляційна, реологія.

Вступ

Виробництво в'язучих матеріалів пов'язано з розширенням сировинної бази при комплексному використанні матеріалів природного та техногенного походження [1,2]. Звідси виникає необхідність врахування особливостей хіміко-мінералогічного складу вихідних матеріалів як фактору впливу на процеси структуроутворення і технології. Так, при застосуванні мокрого або комбінованого способів виробництва для оптимізації технологічних параметрів маємо враховувати показники структурно-механічних і реологічних характеристик цементного шламу [3-5], в напрямку чого виконана подана робота.

Характеристики об'єктів дослідження

Об'єктом дослідження стали сировинні суміші для виготовлення портландцементу на основі системи вапняк – глинистий компонент різного хіміко-мінералогічного складу. При цьому застосовано:

- вапняк Дубовецького родовища Івано-Франківської обл., що промислово використовується ПАТ «Івано-Франківськцемент»;
- глину Кривинського родовища Ровенської області, що промислово використовується ПАТ «Волинь-цемент»;
- спондилову глину, родовища якої розповсюджені у Київській та Харківській областях;
- незбагачений каолін КССК Глуховецького родовища Вінницької області;
- як коригуючі добавки – незбагачений каолін КО-1 Обознівського родовища (Кіровоградська обл.), золу-виносу Бурштинської ТЕС (Івано-Франківська обл.).

За хімічним складом проба спондилової глини відрізняється від глини кривинської та незбагаченого каоліну КССК:

- значно меншим вмістом Al_2O_3 (8,9 проти 15,7-19,3 мас.%) при більшому співвідношенні $SiO_2 : Al_2O_3$ (6,0 проти 3,6-3,9);
- значно більшим вмістом CaO (14,6 проти 0,3-3,3 мас.%) та сумарною кількістю лужних та лужноземельних оксидів типу R_2O+RO (19,25 проти 5,10-8,37 мас.%).

Аналіз мінералогічного складу досліджуваної сировини, проведений з застосуванням дифрактометра ДРОН – 3М, показав, що дубовецький вапняк характеризується превалюючим вмістом кальциту з домішками доломіту і кварцу, спондилова та кривинська глини відносяться до групи полімінеральних, серед яких спондилова відзначається підвищеним вмістом кальциту, каолін КССК поряд з каолінітом відзначається підвищеним вмістом кварцу та польового шпату.

Склади досліджуваних сировинних сумішей на основі дубовецького вапняку відрізнялись застосуванням вказаних різновидів глинистого компоненту (табл. 1).

Таблиця 1 - Склад сумішей на основі дубовецького вапняку

Код суміші	Вміст компонентів, мас.%					
	Вапняк дубовецький	Глина спондилова	Глина кривинська	Каолін КССК	Зола буршт.	Na_2SiF_6
10М	76,0	12,0	-	-	12,0	0,5
10Т	79,0	-	12,5	-	8,5	0,5
11Т	80,0	-	-	9,5	10,5	0,5

За хімічним складом при приблизно однаковому вмісті кремнію, кальцію і магнію проба 10М із спондиловою глиною відрізняється від 10Т з кривинською глиною меншою кількістю оксидів Al_2O_3 і більшою – Fe_2O_3 , а проба 11Т з каоліном КССК відрізняється від вказаних проб з глинами меншим вмістом оксидів заліза і магнію при більшій кількості Al_2O_3 (табл. 2).

Таблиця 2 - Хімічний склад сировинних сумішей

Назва проби	Вміст оксидів, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	В.п.п
10М	14.89	3.43	4.01	42.48	0.84	0.27	34.08
10Т	14,70	3,75	3,60	42,42	0,81	0,12	34,60
11Т	14,67	4,01	3,33	42,70	0,65	0,12	34,52

За мінералогічним складом суміш 10М із спондиловою глиною у порівнянні з 10Т із кривинською при рівному вмісті кальциту відрізняється меншою кількістю каолініту, монтморилоніту, польового шпату при дещо більшому вмісті гідрослюди, кварцу та муліту (табл. 3).

Таблиця 3 - Мінералогічний склад сумішей

Код суміші	Вміст породоутворюючих мінералів, мас. %							
	Као-лініт	Гідро-слюда	Монт-мори-лоніт	Кварц	Польо-вий шпат	Каль-цит	Гідро-киси заліза	Муліт
10М	0,4	2,1	2,4	10,6	0,3	74,4	1,3	3,0
10Т	1,2	1,4	3,8	9,2	1,3	74,5	1,7	2,1
11Т	3,6	0,2	-	10,2	1,9	75,1	1,0	2,6

Проба 11Т з каоліном КССК відрізняється від вказаних проб з глинами більшою кількістю каолініту та польового шпату, меншим вмістом гідрослюди, відсутністю монтморилоніту.

Коагуляційна структура цементного шламу

Аналіз деформаційних процесів водних дисперсних систем [9,10] показав (табл. 4-6), що досліджувані проби суттєво відрізняються за характером розвитку деформацій – швидкої еластичної ϵ_0' , повільної еластичної ϵ_2' та пластичної $\epsilon_1'\tau$. Так, проба шламу 10М із спондиловою глиною належить до V-го структурно-механічного типу, коли $\epsilon_1'\tau > \epsilon_0' > \epsilon_2'$, а проби 10Т і 11Т - до IV-го типу, коли $\epsilon_1'\tau > \epsilon_2' > \epsilon_0'$. При цьому відзначаються значні відмінності в кількісних значеннях і співвідношенні вказаних різновидів деформації.

Порівняння деформаційних характеристик водних систем при однаковій концентрації дисперсної фази свідчить, що застосування спондилової глини замість кривинської призводить, головним чином, до зростання повільної пластичної деформації ϵ_2' , що згідно з уявленнями фізико-хімічної механіки дисперсних структур пов'язується з більшим числом контактів частинок типу площа-кут, площа-ребро, площа-площина.

Таблиця 4 - Структурно-механічні характеристики проб шламу

Код проби (вологість, мас.%)	Модуль швидкої еластичної деформації $E_1 \cdot 10^{-4}$, Па	Модуль повільної еластичної деформації $E_2 \cdot 10^{-4}$, Па	Умовна статична межа плинності R_{k1} , Па	Найбільша пластична в'язкість $\eta_1 \cdot 10^{-2}$, Па·с	Еластичність λ	Статична пластичність $\frac{P_{k1}}{\eta_1} \cdot 10^2$ с ⁻¹	Період істинної релаксації θ_1 , с	Умовний модуль деформації $E_\epsilon \cdot 10^{-10}$, Дж/см ³
10М (≈ 32)	6,98	5,61	1,1	8,35	0,55	0,14	268	0,66
10Т (31,6)	5,69	18,12	2,4	7,27	0,24	0,33	168	0,62
11Т (32,5)	4,57	6,48	2,6	11,97	0,41	0,17	447	0,83

Таблиця 5 - Розвиток деформацій в пробах шламу

Код проби	Характер деформації			Коефіцієнт стійкості ϵ_0'/C	Структурно-механічний тип
	швидка еластична $\epsilon_0' \cdot 10^8$	повільна еластична $\epsilon_2' \cdot 10^8$	пластична $\epsilon_1' \cdot \tau \cdot 10^8$		
10М	2,87	3,57	23,94	0,14	V
10Т	3,51	1,10	27,51	0,16	IV
11Т	4,38	3,09	16,71	0,26	IV

Для проби 11Т з каоліном КССК характерно суттєве зростання швидкої еластичної деформації ϵ_0' , що згідно з уявленнями фізико-хімічної механіки дисперсних структур пов'язується з більшим числом контактів частинок типу кут-кут, кут-ребро, ребро-ребро, зменшення пластичної деформації $\epsilon_1' \cdot \tau$.

Таблиця 6 - Реологічні показники проб цементного шламу

Код проби	Умовна динамічна межа плинності R_{k2} , Па	Найменша пластична в'язкість $\eta_m^X \cdot 10^{-2}$, Па·с	Динамічна пластичність $\Psi \cdot 10^4$, с ⁻¹
10М	5,91	0,95	6,22
10Т	5,00	1,19	4,42
11Т	7,50	1,22	6,15

Зростання показників шведівської η_1 та бінгамівської η_m^X в'язкості та межі плинності проби 11Т корелюється із збільшенням умовного модулю деформації E_ϵ або, відповідно, з ростом сил молекулярної взаємодії та енергії зв'язку частинок дисперсної фази. Разом з тим у випадку проби 11Т має місце збільшення кінетичної стійкості та зменшення плинності суспензії шламу.

Висновки

1. Варіювання різновидностями глинистої сировини відмінного хіміко-мінералогічного складу в сировинних сумішах для виготовлення портландцементу є значимим фактором впливу на коагуляційне структуроутворення та властивості шламу при мокрому і комбінованому способах виробництва.

2. Застосування незбагаченого каоліну типу КССК сприяє підвищенню кінетичної стійкості суспензії шламу, а комплексне використання монтморилонітвмісних глин та золи-виносу дозволяє нівелювати ефект підвищення в'язкості, характерний для водних дисперсій змішано-шарових мінералів.

Список використаних джерел

1. Комплексное развитие сырьевой базы промышленности строительных материалов / Удачкин И.Б., Пащенко А.А., Черняк Л.П., Захарченко П.В., Семидидько А.С., Мясникова Е.А. – К.: Будівельник, 1988. – 104 с.

2. *Duda Walter H. Cement Data Book, Volume 3: Raw Material for Cement Production - French & European Pubns*, 1988. – 188 p.

3. Регулирование процессов структурообразования сырьевых цементных шламов. / Пащенко А.А., Круглицкий Н.Н., Чередниченко Л.С., Руденко И.Ф./ – К.: Вища школа, 1973. - 67 с.

4. Физико-химическая механика дисперсных минералов. Под общ. ред. Круглицкого Н.Н. / Ничипоренко С.П., Круглицкий Н.Н., Панасевич А.А., Хилько В.В. – К.: Наукова думка, 1974. – 246 с.

5. *Черняк Л.П.* Особливості структуроутворення дисперсних систем у технології портландцементу // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – Т.6.- № 5(14) – С. 8-10.

ГОНЧАРУК О.О., к.т.н., доцент, ЛУТАЙ А.М.

Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ АБРАЗИВНИХ КРУГІВ З КНБ ЗАСТОСУВАННЯМ ЛАЗЕРНОГО СПІКАННЯ

Повідомляються результати досліджень впливу параметрів лазерного опромінення з різною довжиною хвилі на формування 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 различной длиной волны на 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.

Ключові слова: лазерне спікання, абразивний інструмент, кубічний нітрид бору.

В інструментальному виробництві широко використовуються різноманітні високопродуктивні марки швидкорізальних сталей, леговані кобальтом, ванадієм, молібденом, які мають підвищену зносостійкість та твердість. Однак ефективно використання нових марок швидкорізальних сталей у виробництві стримується через відносно погану їх шліфувальність, низької ріжучої здатності кругів зі звичайних абразивів і неминучою появою прижогів на оброблюваних поверхнях. Високі температури й швидкості нагрівання поверхневих шарів, що виникають у зоні різання при шліфуванні кругами з електрокорунду, викликають фазові й структурні зміни, а внаслідок циклічного високотемпературного нагрівання й охолодження поверхневих шарів при роботі із СОР виникає сітка мікро- і макротріщин. Застосування шліфувальних кругів з КНБ дозволяє успішно вирішити проблему якісної й продуктивної обробки інструмента зі швидкорізальної сталі.

Методика проведення досліджень

Як було встановлено раніше [1-3], КНБ має високу поглинальну здатність лазерного випромінювання з $\lambda=10,6$ мкм – (80 – 90)%, металева зв'язка – (40 – 60)%. Наступним кроком є визначення критичних значень інтенсивності і часу лазерного опромінення, при яких зерна КНБ безпосередньо, а також в складі композиту зі зв'язуючим, втрачають свою міцність і руйнуються. На базі результатів моделювання [4] проводились експериментальні дослідження

процесу лазерного спікання НТМ вміщуючих композитів. При цьому на поверхню підкладки наносилось шлікерне покриття (висушене пастоподібне зв'язуюче з рівномірно розташованими зернами КНБ) різної товщини.

Вивчення впливу лазерного опромінення на характер структури (дисперсність, однорідність, розподіл легуючих елементів) проводилося на зразках інструментальних композитів різних систем, що відрізняються температурою плавлення й твердістю: ХТН, ПС-12Н-ВК, Бр010 та ПГ-19М-01. Зразки прямокутної форми з ущільненими й зволоженими цапонлаком порошковими композитами, розміщувались на підкладці, виготовленій зі сталі 30, та піддавалися обробці лазерним випроміненням твердотільного зі світлодіодною накачкою Nd:YAG – лазера «DY044» з $\lambda=1,06$ мкм (густині потужності $W_p=(0.1-1.4)\times 10^4$ Вт/см², час обробки $\tau=0,06-4,5$ с). Лазерна обробка здійснювалась на повітрі й при додатковому захисті в середовищі аргону з витратою 2-14 л/хв. При обробці з $\lambda=10,6$ мкм використовувався газовий CO₂ "Латус31" (густині потужності в межах $W_p=(0.3-6.37)\times 10^4$ Вт/см², час обробки $\tau=0,15-0,45$ с). Отримані зразки досліджувалися з застосуванням методів растрової електронної мікроскопії, локального і інтегрального рентгеноспектрального елементного аналізу на скуючому електронному мікроскопі ZEISS EVO 50 XVP виробництва ZEISS.

Результати експериментальних досліджень

Дослідження лазерного спікання композитів із застосуванням лазерного випромінювання з $\lambda=10,6$ мкм показали, що при вибраних технологічних режимах, найбільш ефективно застосовувати порошки на нікелевій основі ПС-12Н-ВК. Утворені в результаті спікання валики мають рівномірну поверхню і стабільну геометрію (рис. 1а). Для них характерна загальна закономірність монотонного убавання ширини і товщини валика зі збільшенням швидкості відносного руху лазерного променя і зразка.

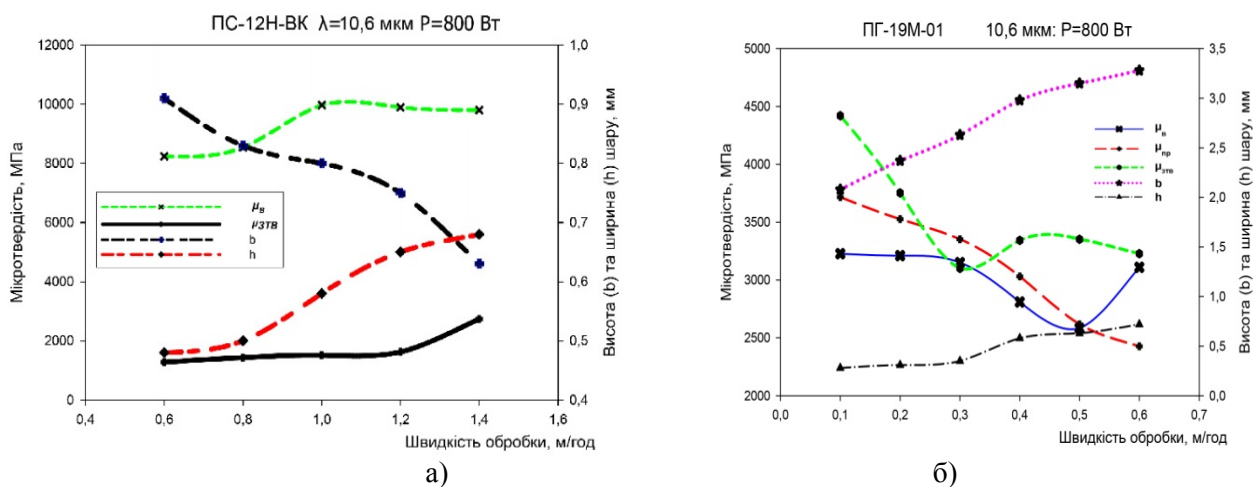


Рис. 1. Вплив режимів обробки на твердість та розмірні характеристики при обробці з $\lambda=10,6$ мкм; P=800 Вт; $d_0=3$ мм: а – ПС-12Н-ВК; б – ПГ-19М-01.

По глибині валика мікротвердість плавно змінюється. При цьому, структура першого наплавленого шару плавно переходить в структуру підкладки – сталльної пластини, що свідчить про високу (пластичність зони металургійного з'єднання) адгезію першого шару композиту з основою. Ефективність застосування цього порошку можна підвищити також за рахунок додавання при його спіканні карбідоутворюючих компонентів.

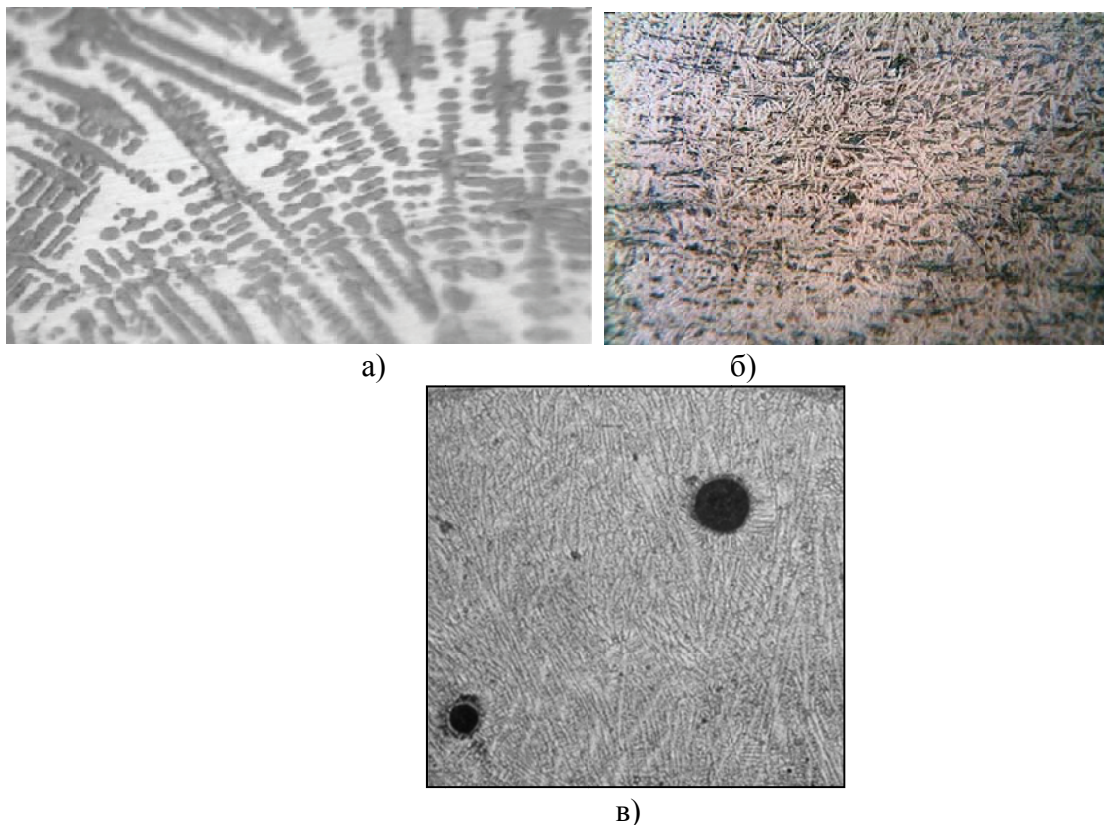


Рис. 2. Вплив режимів обробки на мікроструктуру КНБ-вміщуючих шарів: а– ПГ-19М-01 при обробці з: $P=300\text{Вт}$; $d_0=3\text{ мм}$; $V=0,2\text{ м/хв}$; б – ХТН при обробці з: $P=600$; $d_0=3\text{ мм}$; $V=0,4\text{ м/хв}$; в – ПС-12Н-ВК при обробці з: $P=600$; $d_0=3\text{ мм}$; $V=0,2\text{ м/хв}$.

Встановлено, що композити на нікелевій і залізній основі мають високодисперсну гомогенну структуру (рис. 2). У сформованих шарах спостерігаються ділянки з підвищеною травленістю, які подібні мартенситним голкам. Вони представляють собою евтектичні локальні ділянки з дисперсною структурою. Зміцнюючі фази і γ – фаза орієнтовані у напрямку відведення теплоти. Величина швидкості охолодження у приповерхневому шарі, яка розрахована по товщині кристалів зміцнюючої фази, склала приблизно $5 \times 10^4 \dots 10^5 \text{ }^\circ\text{C/с}$. Мікротвердість шарів варіюється у межах 6000 – 10000 МПа. Твердість сформованих шарів підвищується зі зростанням ступеня дисперсності їх структурних складових, зростанням долі більш твердої евтектики і твердості матриці. Твердість плавно зменшується по глибині композиту і складає у зоні розплаву для ПС-12Н-ВК - 5000 МПа, при твердості на поверхні 10000 МПа. Вихідний сплав має неоднорідну структуру, для якої характерна ліквідація компонентів, що містяться у розплаві і наявність в міждендритних областях і об'ємах самих дендритів дрібних включень карбідних фаз. Міжкристалічний

простір збагачений хромом і титаном. Вольфрам і кобальт у більшості концентрується в осях дендритів. Наявність в міждендритних областях виділення представляють собою карбіди різного складу. Перехідна зона має значно більш дисперсну структуру, склад якої не змінюється ні по глибині, ні по об'єму. На Рис. 3 показані залежності розмірних характеристик отриманих шарів композитів від швидкості відносного руху лазерного променя. На відміну від даних, які було отримано при використанні випромінювання з $\lambda=10,6$ мкм було використано порошкові композиції, які мають меншу температуру плавлення. Аналіз результатів показує, що найбільш тугоплавкою із порівнюючих зв'язок є зв'язка ПС-12Н-ВК, яка має температуру плавлення 1450°C . Спінання стабільного валика спостерігається при відносно невисоких швидкостях порядку $0,2 - 0,6$ м/хв. і дещо збільшених значенням щільності потужності $W_p=(0,7-1,5)\cdot 10^4$ Вт/см². З метою збільшення швидкості відносного руху і таким чином зменшення щільності потужності лазерного випромінювання було застосовано лазерне спікання у середовищі аргону при витраті останнього в межах від 7 до 14 л/хв.

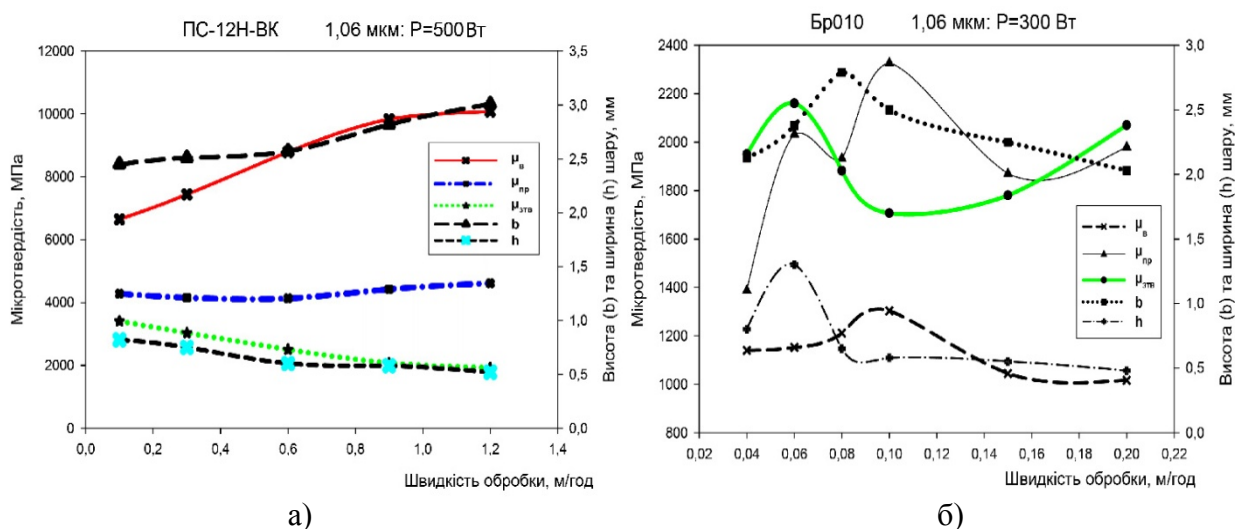


Рис. 3. Вплив режимів обробки на твердість та розмірні характеристики: а– ПС-12Н-ВК при обробці з: P=500Вт; $d_0=2$ мм; $V=0.1-1.2$ м/хв; б – Br010 при обробці з: P=300; $d_0=2$ мм; $V=0.04- 0.2$ м/хв.

Знайшло своє підтвердження і те, що лазерне випромінювання з довжиною хвилі $1,06$ мкм краще поглинається металами. У порівнянні з технологічними режимами при спіканні композитів з довжиною хвилі $10,6$ мкм спостерігається загальне зниження щільності потужності і підвищення швидкості обробки для отримання валиків стабільної геометрії.

Висновки

Досліджено вплив лазерного випромінювання з різною довжиною хвилі ($10,6$ та $1,06$ мкм) на стан і фізичні властивості порошоків КНБ. Визначені енергетичні параметри та умови лазерного опромінювання порошоків КНБ, що забезпечують температурний інтервал їх нагрівання в діапазоні $1000 - 1500^{\circ}\text{C}$,

яке не чинить негативного термічного руйнівного впливу на зерна КНБ. Це дозволяє з принципово високою продуктивністю і низькою собівартістю процесу формувати композити для різноманітної номенклатури інструментів з точки зору форми, геометричних розмірів та властивостей зв'язок; створює передумови для лазерного селективного сортування та лазерного модифікування порошків КНБ.

Мікротвердість структури по глибині спеченого шару змінюється плавно, залежить від режимів обробки і становить 8000 – 9500 МПа. Твердість спечених композитів підвищується зі збільшенням ступеню дисперсності їх структурних складових, ростом частки більш твердої евтектики і твердості матриці. Для композитів на основі нікелю характерне також різноманіття структур, які відрізняються ступенем дисперсності і мікротвердістю, що змінюється в залежності від режимів опромінювання в межах 6000 – 10000 МПа.

Список використаних джерел

1. *Блощаневич А.М., Бочко А.М.* и др. Лазерная резка материалов на основе алмаза и плотных модификаций нитрида бора // Порошковая металлургия. – 2004. – №3/4 – С.47-53.
2. *Толочко Н.К., Хлорков Ю.В.* и др. Измерение поглотительной способности свободно насыпанных одно компонентных металлических порошков и ее изменение в процессе лазерной обработки // Порошковая металлургия. – 1997. – № 7/8. – С. 89-94.
3. *Гончарук О.О., Головки Л.Ф., Каглык О.Д.* Влияние лазерного нагрева на прочность кубического нитрида бора при статическом нагружении // Восточно-европейский Журнал передовых технологий. – 2010. – №1/6(43) – С. 4-10.
4. *Гончарук О.О., Головки Л.Ф., Каглык О.Д., Лутай А.М.* Визначення оптимальних умов лазерного формування інструментального шару абразивних інструментів // Восточно-европейский Журнал передовых технологий. – 2012. – №6/5(60) – С. 28-31.

ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СТАБІЛЬНІСТЬ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРА

Вступ. Технологічні можливості шліфування з використанням в якості абразивного матеріалу кубічного нітриду бора (КНБ, cBN) засновуються на унікальних фізико – механічних, хімічних та теплових властивостях КНБ. Висока твердість (HV 60...80Гпа), тріщиностійкість ($K_{1c} = 3,0...6,8 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$) та теплостійкість (вихідна мікротвердість зберігається до $T=1650\text{K}$) дозволяє шліфувати важкооброблювані матеріали при високих швидкостях різання. Модуль Юнга (E) КНБ дорівнює 800...910Гпа. При такому значенні E зерна КНБ зберігають гостроту ріжучої кромки при обробці навіть надтвердих матеріалів. КНБ має ряд перевагу порівнянні з алмазом. Так при обробці сплавів на основі заліза зношування інструменту на базі КНБ значно нижче зношування алмазного інструменту. Одна з причин у тому, що при використанні шліфувальних кругів на базі КНБ повністю виключається механізм евтектичного зношування. Суть його у тому, що у місцях контакту алмазу та заліза при досягненні температури евтектиці у системі Fe – C, виникає рідко фазний прошарок, що розчиняє ріжучу кромку зерна. Високе хімічне сродство заліза до вуглецю інтенсифікує механізми дифузійного та адгезійного зношування. З аналогічної причини абразивний інструмент на базі алмазу інтенсивно зношується при обробці деталей з сплавів титану та нікелю. Таким чином, роботи, що спрямовані на розробку абразивного інструменту на базі КНБ актуальні.

Для виготовлення інструменту на базі КНБ використовують різні технології. В даній роботі досліджуються процеси спікання шліфувальних кругів з використанням лазерного випромінювання. Лазерне спікання шліфувальних кругів, що містять cBN, має цілий ряд переваг в порівнянні з іншими методами спікання. Але, аналіз взаємодії лазерного випромінювання з багатофазним композитом, що має в своєму складі крихкі частини, показує, що вірогідні декілька процесів, які можуть негативно позначитися на технологічних властивостях шліфувального круга. Перший. Жорсткість термічного циклу, характерна для лазерної обробки, приводить до виникнення у зоні термічного впливу (ЗТВ) значного рівня тимчасових термічних напружень, які можуть привести до виникнення тріщин або повного руйнування зерен КНБ. Наслідком такого процесу є формування нових ріжучих кромки, що, у свою чергу, багатократно збільшить сили різання і в наслідок цього до випадання зерен зі зв'язки. Далі. В численних дослідженнях було показано, що, якщо температура, яка виникає у зоні контакту алмазних зерен з

деталлю перевищує критичну, кубічна фаза контактної зони перетворюється у гексагональну (графіт). При лазерному формоутворенні абразивного інструменту зерна КНБ нагріваються, як в результаті поглинання випромінювання при уведенні абразиву у композит, так і в результаті теплообміну зі зв'язкою. Крім теплообміну досить ймовірна дифузія елементів зв'язки у КНБ та еволюція його субструктури. Є переконливі експериментальні дані, що дифузія вуглецю у КНБ сприяє проходженню фазового перетворення $cBN \rightarrow hBN$. Тобто процес лазерного спікання шліфувальних кругів на базі КНБ може ініціювати фазові перетворення cBN у інші поліморфні модифікації - hBN , rBN , wBN , з яких тільки остання має механічні властивості зіставні з параметрами КНБ. Отже фазова стабільність cBN на всіх етапах технологічного циклу виготовлення абразивного інструменту методом лазерного спікання – головна умова отримання якісного виробу. Підкреслимо, що в разі ініціювання поліморфного перетворення, ступінь його завершеності не є вирішальним фактором, що визначає якість інструменту. Оскільки питома вага cBN у 1,5 рази менша за питому вагу hBN , то поява останньої фази в кількості повинно приводити до виникнення значних напружень. Якщо зерна гексагональної фази мають дископодібну форму, то вони можуть діяти як концентратори напружень з тріщино утворенням або руйнуванням зерен абразиву.

Мета роботи. Метою роботи є визначення технологічних режимів лазерного спікання інструментального композиту на базі КНБ, що забезпечують фазову стабільність cBN та його вихідну міцність.

Матеріали та методика досліджень. Досліджувались шліфпорошки КНБ марки KB250/200, розміщеного на графітовій підкладці після прямого опромінювання YAG:Nd – лазером і зерна КНБ, що входили у склад композиту. Останні були попередньо покриті нікелем. Рентгеноструктурні дослідження проводились на дифрактометре ДРОН – 4 в $CuK\alpha$ і $CoK\alpha$ излучениях. Регістрація дифрактограмм осуществлялась в режимі дискретного сканування с шагом $0,05^\circ$ и экспозицией в каждой точке продолжительностью 3сек. Съёмки электрограмм проводились на электронографе ЭМР – 100 при ускоряющем напряжении $U=75kV$.

Результати роботи та їх обговорення. На рис.1 представлена штрих – діаграма вихідного порошку марки KB250/200. Суттєво, що крім лінії фази, ідентифікованої як cBN с періодом кристалічної решітки $a=3,615\text{\AA}$, фіксується додаткове відображення поблизу лінії 111 КНБ (рис.1, вставка). Співставлення з теоретичними дифракційними спектрами дозволяє вважати, що відображення зазначене стрілкою належить з'єднанню $B_{13}N_2$. В залежності від параметрів лазерного випромінювання у фазовому складі вільно опромінюваного порошку виявляються 4 фази: cBN , wBN , hBN та нітрид $B_{13}N_2$ (рис. 2)

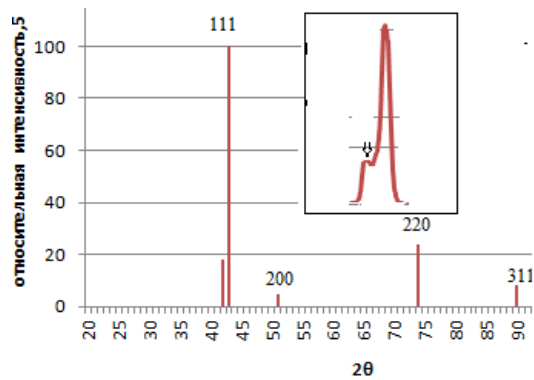


Рис. 1. Штрих – діаграма вихідного шліфпорошку марки KV250/200 (CuK α випромінювання). На вставці – дифрактограма поблизу відбиття 111 cBN

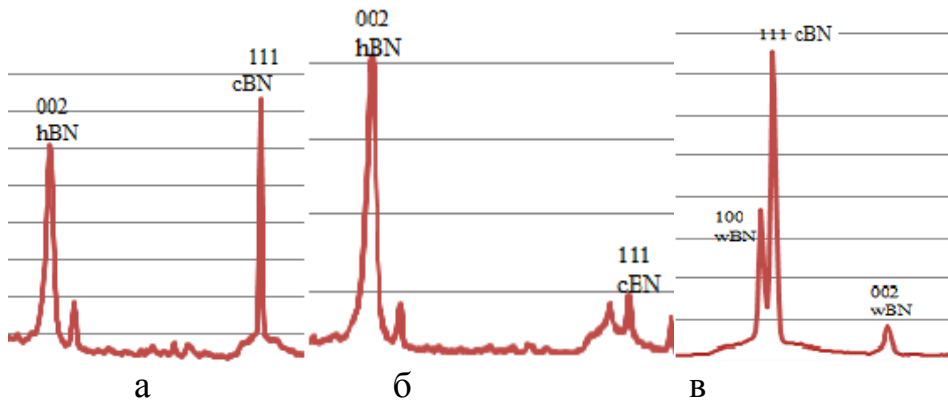


Рис. 2. Частина дифрактограм вільно опроміненого порошку KV250/200 а – зона 1, б – зона 4, в – зона 2

Вплив енергетичних параметрів лазерного випромінювання на фазовий склад показано на узагальненій діаграмі (рис. 3). Суттєво, що щільність потужності зони стабільності hBN недостатня для повного розплавлення зв'язки при формуванні композиту. Для зменшення

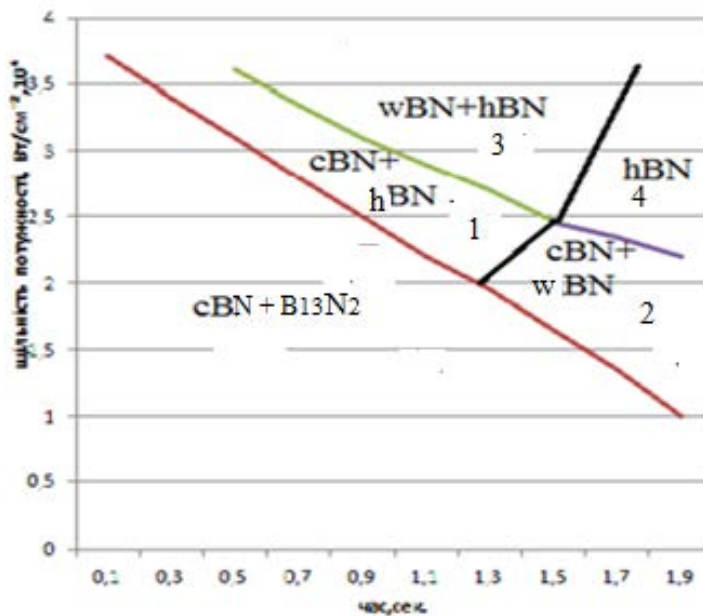


Рис. 3. Залежність фазового складу порошку KV 250/200 від енергетичних параметрів лазерного випромінювання

температури нагрівання зерен КНБ при лазерному опромінюванні на їх поверхню наносився шар нікелю. Екранований нікелем КНБ разом з порошком ПГ-12Н-01 наплавлявся на сталь3. З сформованого валика вилучалися зерна КНБ, які після додаткової обробки знімалися на електроннографі. На рис. 4 представлена електроннограма, з розшифрування якої виходить, що кубічна фаза нітриду бора не зазнала поліморфних перетворень у процесі формування композиту.

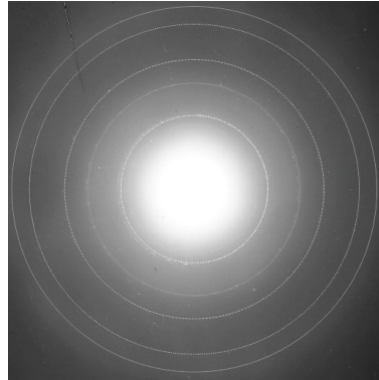


Рис. 4. Електроннограма вилученого КНБ

Висновки. Виявлені порогові енергетичні параметри при перевищенні яких лазерне випромінювання ініціює поліморфні перетворення при прямому опромінюванні КНБ. Покриття зерен КНБ нікелем забезпечує стабільність кубічної фази при лазерному спіканні композиту.

Список використаних джерел

1. *Блощаневич А.М., Бочко А.М. и др. Лазерная резка материалов на основе алмаза и плотных модификаций нитрида бора // Порошковая металлургия. – 2004. – №3/4 – С.47-53.*
2. *Толочко Н.К., Хлорков Ю.В. и др. Измерение поглощательной способности свободно насыпанных одно компонентных металлических порошков и ее изменение в процессе лазерной обработки // Порошковая металлургия. – 1997. – № 7/8. – С. 89-94.*
3. *Гончарук О.О., Головки Л.Ф., Кагляк О.Д. Влияние лазерного нагрева на прочность кубического нитрида бора при статическом нагружении // Восточно-европейский Журнал передовых технологий. – 2010. – №1/6(43) – С. 4-10.*
4. *Гончарук О.О., Головки Л.Ф., Кагляк О.Д., Лутай А.М. Визначення оптимальних умов лазерного формування інструментального шару абразивних інструментів // Восточно-европейский Журнал передовых технологий. – 2012. – №6/5(60) – С. 28-31.*

SVIDERKYI V.A.¹, doctor of technical science, professor, LUONG DUC LONG², PhD., associate professor, TOKARCHUK V.V.¹, candidate of technical science, associate professor, FLEISHER H.U.¹, TRUS I.M.¹, candidate of technical science.

¹National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”,
²Vietnam Institute for Building Materials

ORGANIC NITROGEN-CONTAINING CLINKER GRINDING AIDS

В роботі розглянуто ряд інтенсификаторів помелу на основі азотвмісних органічних сполук та доведено ефективність їх використання в якості хімічних добавок для цементу. Наведено механізм адсорбції активних компонентів добавок на цементних частинках.

В работе рассмотрен ряд интенсификаторов помола на основе азотсодержащих органических соединений и доказана эффективность их использования в качестве химических добавок для цементов. Приведен механизм адсорбции активных компонентов добавок на цементных частицах.

Some of the organic nitrogen-containing clinker grinding aids are observed in the paper. Efficiency of their utilization as cement chemical admixtures is proven. Mechanism of the adsorption of the active ingredients on the cement particles is given.

Key words: grinding aid, nitrogen-containing compounds, clinker, fineness, sieve residue

1. Introduction

Cement industry is a significant electrical energy consumer, approximately 110 kVt/h per 1 ton of cement, and 40 % of energy is spent on the clinker grinding. Among the electrical energy reduction methods, utilization of the organic and inorganic grinding aids is widely used.

Mechanism of grinding aids action is based on the adsorption of the surfactants molecules on the cement particles surface, which leads to [1]:

- electric discharging of the cement surface that results from the prevention of the fine particles aggregating and sticking of the material on the balls and liner plates;
- material hardness decreasing, thereby decreasing the energy consumption in the grinding process;
- changing of the coefficient of friction between balls, liner plates and material, thus increasing the impact and sliding action;
- raising the rate of material motion in the mill and its circulation in the cross-sectional area.

The majority of the grinding aids are alkanolamines and glycoles. Among them the most widely used admixtures are triethanolamine, triisopropanolamine, ethyleneglycole and propilenglycole [2,3].

Multiple studies of the foreign and soviet scientists have proved that triethanolamine has the best impact on the clinker grinding and cement physical-mechanical properties [4]. Besides intensifying the grinding process triethanolamine accelerates cement setting and hardening, and increases grade strength. Accelerating of the setting and hardening are caused by the quickening of C_3A hydration, chemical interaction between C_3A and gypsum, transformation of ettringite to low-sulphate compounds, formation of hexagonal hydroaluminates and their conversion into cubic ones. Also, formation of Aft-phase and its transubstantiation into AFm are quickening [5].

Therefore, the investigation of the organic nitrogen-containing admixtures influence on the clinker grinding process, and development of the new more efficient grinding aids are of great interest. These aims can be achieved by the chemical processing of different types of wastes.

2. Materials and methods

Clinker manufactured in “Ivano-Frankivsktsement” cement plant was used. The clinker mineralogical composition is as follows, weight %: C_3S – 58,62, C_2S – 12,79, C_3A – 7,06, C_4AF – 12,53.

Processed products of the plastic fractions of the domestic wastes – DOR № 1, P-86, P-53 and O-196 were used as the grinding aids. DOR № 1 consists of amides and ammonium salts of terephthalic acid. P-86 contains amides and ammonium salts of terephthalic acid, 2-oxazolidone, 2-imidazolidone, N-hydroxyethylimidazolidone. P-53 contains the same ingredients as P-86 and glycerine. The main component of O-196 is imidazoline.

50 % water solutions of the admixtures were added to the clinker at the beginning of the grinding, directly in the lab ball mill. Grinding of the clinker and clinkers with the admixtures was conducted at the same conditions.

3. Results

The results of the clinker grinding with DOR № 1 are shown in Table 1.

Table 1 – Fineness of the clinker with DOR № 1

DOR # 1 concentration, weight % /							
Residue on the sieve № 008 after 120 min of grinding, weight %							
0,000	0,025	0,035	0,045	0,055	0,065	0,085	0,105
18,1	10,5	7,4	9,0	6,9	7,3	14,9	12,9

The results confirm that DOR № 1 is the grinding aid and causes percentage increasing of the fraction finer than 80 mkm in comparison with clinker without the admixture. Optimal content of DOR № 1 is 0.055-0.065 weight %. In such a case the clinker sieve residue is 60-65 % lower than the residue of the clinker without the admixture.

The results of the clinker grinding with P-86 are given in Table 2.

Table 2 – Fineness of the clinker with P-86

P-86 concentration, weight % / Residue on the sieve № 008 after 120 min of grinding, weight %			
0,000	0,055	0,085	0,115
16,4	12,6	10,5	16,1

P-86 acts similar to DOR № 1 and belongs to the grinding aid but is less efficient. Optimal content is 0.085 weight %. The residue on the sieve № 008 is 36 % lower in comparison with clinker without P-86.

The results of the clinker grinding with P-53 are given in Table 3.

Table 3 – Fineness of the clinker with P-53

P-53 concentration, weight % / Residue on the sieve № 008 after 150 min of grinding, weight %			
0,000	0,055	0,085	0,115
18,0	17,5	13,2	13,9

Optimal content of P-53 is 0.85-0.115 weight %. In such a case the sieve residue is 25 % lower and the admixture is less efficient than previous two.

The results of the clinker grinding with O-196 are Table 4.

Table 4 – Fineness of the clinker with O-196

O-196 concentration, weight % / Residue on the sieve № 008 after 60 min of grinding, weight %		
0,000	0,025	0,050
11,8	1,8	2,3

The admixture O-196 is the most efficient grinding aid among all the studied ones. Optimal content is 0.025-0.050 weight %. The sieve residue is 83 % lower for clinkers with optimal content of O-196.

4. Discussion

A significant amount of the active centres is generated on the surface of the clinker particles during its burning, cooling and grinding. The active centres are represented by free electrons of Oxygen atoms and unoccupied orbitals of metal atoms [4].

Alcohols react with metals forming alcoholates. Therefore, alcohols can adsorb on the surface of clinker minerals due to formation of the bonds between alkyl and alkaline and alkaline-earth metals.

Nitrogen atoms get into the donor-acceptor interaction with metal atoms by means of lone pair of electrons of the former and unoccupied orbital of the latter [5]. In this case, nitrogen atoms of the grinding aids interact with atoms of Silicon and Aluminium of the clinker minerals. Thus, nitrogen-containing admixtures can adsorb

on the significantly more active centres, which determines their stronger impact on the clinker grinding process.

5. Conclusions

Organic nitrogen-containing linear or cyclic admixtures can be utilized as the clinker grinding aids in the cement industry. Moreover, not only amines, but also amides of carbonic acids and imidazolines are the efficient admixtures.

References

1 Шахова Л.Д. Классификация технологических добавок при помоле цемента / Л.Д. Шахова, Р.А. Черкасов, Н.М. Березина, Д.Б. Манелюк // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12 (часть 2). – С. 295-299.

2 Weibel M. Comprehensive understanding of grinding aids [Online resource] / Martin Weibel, Ratan K. Mishra. – Access mode: http://www.ifb.ethz.ch/pcbm/people/mishrar/Comprehensive_Understanding_of_Grinding_Aids.pdf.

3 Katsioti M. Characterization of various cement grinding aids and their impact on grindability and cement performance / M. Katsioti, P.E. Tsakiridis, P. Giannatos, Z. Tsibouki, J. Marinos // *Construction and building materials*. – 2009. – Vol. 23, Is. 5. – P. 1954-1959.

4 Heren Z. The influence of ethanolamines on the hydration and mechanical properties of Portland cement / Z. Heren, H. Olmez // *Cement and Concrete Research*. – 1996. – Vol. 26, Is. 5. – P. 701-705.

5 Han J. Mechanism of triethanolamine on Portland cement hydration process and microstructure characteristics / J. Han, K. Wang, J. Shi, Y. Wang // *Construction and Building Materials*. – 2015. – Vol. 93. – P. 457-462.

6 Теория цемента / Под ред. А.А. Пашенко. – К.: Будівельник, 1991. – 168 с.

7 Адамович Сергей Николаевич. Атраны и ионные комплексы в дизайне биологически активных соединений: дис. ... доктор хим. наук: 02.00.08 / Адамович Сергей Николаевич. – Иркутск, 2015. – 270 с. – Библиогр.: с. 228-270.

ХАРЧЕНКО Е.А., ГЛУХОВСКИЙ И.В., к.т.н., доцент,
ГЛУХОВСКИЙ В.В., к.т.н., доцент, ДАШКОВА Т.С., ЖУКОВИНА А.В.

Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ВЯЖУЩИХ КОНТАКТНО-КОНДЕНСАЦИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ

Изучено влияние влажности и гидрофобно-пластифицирующих добавок на формирование упруго-пластичных и физико-механических свойств вяжущих контактно-конденсационного твердения.

Вивчено вплив вологості і гідрофобно-пластифікуючих добавок на формування пружно-пластичних та фізико-механічних властивостей в'язучих контактно-конденсаційного твердіння.

The effect of humidity and hydrophobic plasticizing additives on the formation of elastoplastic and physico-mechanical properties of contact- condensation hardening binders was studied.

Ключевые слова: вяжущие контактно-конденсационного твердения, упруго-пластичные свойства, гидрофобно-пластифицирующие добавки.

Синтетические силикаты кальция нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Высокая степень дисперсности, однородность по структуре и составу, высокие показатели степени белизны, предопределили их применение в качестве наполнителей в различных водно-дисперсных системах.

В зависимости от условий синтеза гидросиликаты кальция могут быть получены как в стабильном кристаллическом, так и в нестабильном кристаллическом или аморфном состоянии. Последние обладают свойствами вяжущих контактно-конденсационного твердения – способностью образовывать прочный и водостойкий камень в результате поверхностных физических явлений, которые проявляются при сближении частиц в момент возникновения контактов между ними. Прочность искусственного камня на основе указанных вяжущих увеличивается с ростом количества контактов между частицами и, соответственно, зависит от степени их уплотнения при формировании [1].

В водно-дисперсных композициях, не зависимо от вида используемого полимера, механизм отверждения, в самом общем виде, может быть описан тремя стадиями. На первой стадии происходит удаление воды, и частицы полимера приходят в непосредственное соприкосновение друг с другом. Увеличение количества необратимых контактов между частицами полимера приводит к образованию сплошной пленки, на этом этапе заканчивается вторая стадия. На третьей стадии преобладают процессы адгезионных и когезионных

взаимодействий между частицами полимера с образованием сплошного прочного пленочного покрытия [2]. Третья стадия характеризуется максимальными объемными деформациями в пленках, при которых возникающие стягивающие усилия эквивалентны усилиям, характерным для материалов, получаемых при давлениях прессования 50 – 105 МПа [3]. Для компенсации указанных деформаций в водно-дисперсных композициях используются различные наполнители. Подбор рационального вида и состава наполнителя, обеспечивающего увеличение площади и прочности контактов между его частицами, является одним из эффективных путей улучшения физико-механических свойств водно-дисперсных композиций.

Цель исследования – определение закономерностей изменения физико-механических свойств наполнителей на основе гидросиликатов кальция в зависимости от технологических параметров их уплотнения.

Материалы и методы.

Материалы. Синтез гидросиликатов кальция проводился в следующей последовательности: негашеная известь (х.ч.) гасилась водой. После полного гашения известь смешивалась с заданным количеством кремнеземистого компонента (кислотой кремниевой водной). Смешивание компонентов производилось в лабораторной шаровой мельнице в течение 2 часов при значении $V/T=1,0$. Полученная после помола смесь подвергалась гидротермальной обработке в лабораторном автоклаве при температуре 130 ± 5 °С и давлении 0,13 МПа. Продолжительность обработки составляла 8 часов. По окончании тепловой обработки полученный продукт сушился при температуре 100 ± 5 °С до постоянной массы. Полученный порошок вяжущего характеризовался следующими характеристиками: удельная поверхность $S_{уд}$ – $1304 \text{ м}^2/\text{кг}$; истинная плотность – $1830 \text{ кг}/\text{м}^3$; насыпная плотность – $285 \text{ кг}/\text{м}^3$; средний радиус частиц – 1,3 мкм.

Комплексный физико-химический анализ фазового состава продукта синтеза показал наличие низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH (B). На рентгенограмме идентифицируются низкоосновные гидросиликаты кальция типа CSH (B) ($d = 0,302; 0,280; 0,183 \text{ нм}$), а также рефлексы, относящиеся к $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($d = 0,492; 0,263; 0,193; 0,179; 0,169 \text{ нм}$), что обусловлено неполным химическим взаимодействием между сырьевыми компонентами при синтезе. На кривых ДТА отмечены эндотермические эффекты при температурах 120 – 140 °С и 620 – 730 °С, которые относятся к процессам удаления адсорбционной и кристаллизационной воды из гидросиликатов кальция. Незначительный эндотермический эффект при температуре 530 °С относится к процессу дегидратации гидроксида кальция. Экзотермический эффект при температуре 830 – 860 °С указывает на полиморфные превращения силикатов кальция, обусловленных кристаллизацией волластонита. На ИК спектрах образцов обнаружены интенсивные полосы поглощения при $3500 - 3400 \text{ см}^{-1}$, которые относятся к колебаниям гидроксильных групп и свидетельствуют о наличии гидратных фаз силикатов. Полосы поглощения при $1500 - 1600 \text{ см}^{-1}$

свидетельствуют о деформационных колебаниях $\delta\text{H}_2\text{O}$, связанной в гидросиликатах.

Добавки: лигносульфонат технический (ТУ 2455-028-00279580-2004), суперпластификатор С-3 (ТУ 5730-012-97474489-2010). Добавки вводились в виде водных растворов при увлажнении водой порошка вяжущего.

Методы. Для получения опытных составов в порошок вяжущего вводилась заданное количество воды (3, 5, 10, 15 мас. %), смесь тщательно перемешивалась. Образцы цилиндры диаметром 24 мм готовились методом двустороннего прессования при давлениях прессования 20, 50, 80 и 105 МПа с выдержкой под давлением в течение 1 мин.

Прочность образцов при сжатии определялась сразу после прессования, а также через 28 суток их хранения в естественных условиях (температура 20 ± 5 °С, относительная влажность воздуха 70 – 80 %) и в воде. В воду образцы ставились сразу после их изготовления. Также определялись: средняя плотность, водопоглощение, пористость и коэффициент водостойкости образцов.

Для изучения упруго-пластичных свойств материала при прессовании использовали уравнение Хеккеля [4], выражающее зависимость плотности порошковых материалов от приложенного давления:

$$\ln \left(\frac{1}{1-D} \right) = k \cdot P + A,$$

где: D – относительная плотность при приложенном давлении P ; P – приложенное давление; A и k – константы. Параметр k отражает снижение пористости и устойчивость материала к сокращению объема, значение константы A определяется как точка пересечения прямолинейного участка графика. По значению коэффициента A рассчитывается относительная плотность D_A и относительная плотность D_B на этапе уплотнения при низких значениях давления прессования.

Результаты и их обсуждение.

Определение оптимальных параметров в процессе уплотнения дисперсных систем является одним из способов регулирования их основных физико-механических свойств. Одним из методов определения этих параметров является математическая модель прессования Хеккеля. Значения коэффициентов уравнения Хеккеля исследуемых вяжущих представлены в таблице 1.

Графики уравнения Хеккеля (рис.) характеризуются примерно одинаковым видом прямых, отличающихся различным углом наклона. Для порошков вяжущего с влажностью 5, 10 и 15 мас. % характерен большой угол наклона ($k = 0,0047 \div 0,0054$), что свидетельствует о высоких пластических свойствах порошка. Для порошков с влажностью 0 и 3 мас. % прямые имеют меньший угол наклона ($k = 0,0012 \div 0,0029$), что объясняется выраженными упругими

свойствами порошков при уплотнении. Увеличение влажности приводит к уменьшению значений давления начала пластической деформации частиц (P_Y) с 83,3 МПа при влажности 0 мас. % до значения 18,5 МПа при влажности 15 мас. %. (в 4,6 раза), это указывает на то, что с увеличением содержания влаги материал имеет низкое сопротивление давлению прессования и имеет хорошую уплотняемость.

Таблица 1 – Значение коэффициентов уравнения Хеккеля.

Влажность, %	k	A	P_Y , МПа	D_A	D_B	R^{2*}
0	0,0012	0,7670	83,33	0,535	0,365	0,8555
3	0,0029	0,7865	34,48	0,544	0,374	0,9725
5	0,0051	0,7824	19,60	0,542	0,372	0,9954
10	0,0047	0,9379	21,27	0,608	0,438	0,9718
15	0,0054	1,0429	18,58	0,647	0,477	0,9783

* R^2 – коэффициент корреляции.

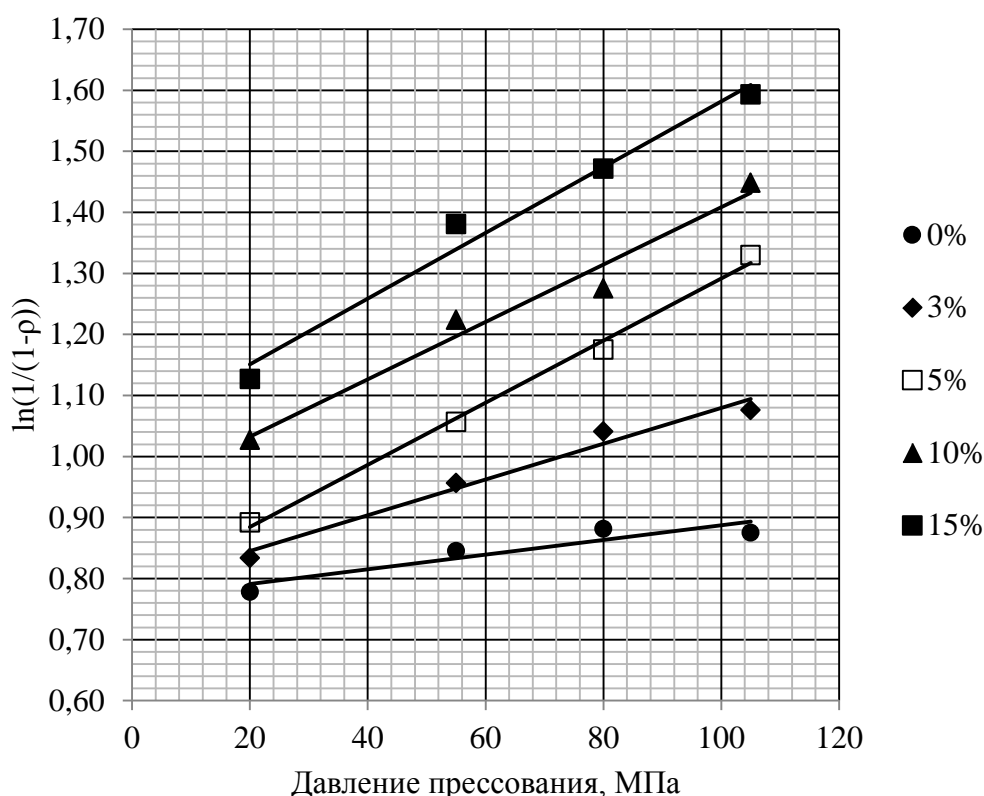


Рис. График уравнений Хеккеля

Значение параметра D_A , который описывает процесс уплотнения за счет первоначальной перегруппировки частиц, увеличивается с увеличением влажности порошков, что является показателем того, что сопротивляемость процессу уплотнения уменьшается с повышением влажности. Значение параметра D_B для всех составов были практически аналогичными, это

указывает на то, что начальная стадия уплотнения в целом происходит без деформации частиц за счет перемещения частиц порошка в поры и пустоты без их деформации. С повышением давления прессования объем пор в материале понижается, как и темпы роста плотности. Повышение плотности осуществляется в основном за счет пластической деформации частиц порошка в точках контакта.

В соответствии с основными закономерностями, определяющими процесс твердения вяжущих контактно-конденсационного твердения, степень сближения дисперсных частиц при их формовании является необходимым условием образования максимального числа контактов между частицами вяжущего в единице объема [1]. Критерием оценки этого показателя является значение пористости и средней плотности образцов.

Одним из способов повышения степени уплотнения порошков при прессовании является оптимизация влажности материала. Вода при этом выполняет роль смазки, увеличивает подвижность частиц, способствуя их более плотной упаковке. Наряду с положительным влиянием, вода может оказывать и негативное влияние. Так, избыток воды не позволяет получить прочные изделия, так как при этом ослабляется силы взаимодействия между частицами. Недостаточное количество влаги также может быть негативным фактором, как и ее избыток. Так, при полусухом прессовании влага неудовлетворительно выполняет роль смазки, способствует увеличению трения между частицами, препятствует их плотной упаковке. Поэтому влажность порошков, которые уплотняются методом прессования, должна быть оптимальной. Оптимальная влажность прессованных материалов зависит от многих факторов – когезионных (аутогезионных) свойств порошков, их фракционного состава, а также давления прессования [3, 7].

В таблице 2 приведены результаты испытаний образцов, изготовленных из гидросиликатов кальция при давлении 105,0 МПа с различной влажностью. Как следует из приведенных данных, увеличение влажности порошков вяжущего способствует увеличению значения средней плотности с 1154 кг/м³ при влажности 0 мас. % до 1458 кг/м³ при влажности 15 мас. % (в 1,2 раза) и уменьшению значений открытой пористости с 39 до 18 % (в 2 раза).

Несмотря на улучшение отдельных показателей физико-механических свойств образцов, необходимо отметить, что значения коэффициента водостойкости при твердении являются низким ($K_g = 0,62 \div 0,76$). Указанный фактор указывает на негативное влияние монодисперсного состава вяжущего, независимо от действия давления уплотнения и влажности, и не способствует получению материала с заданными свойствами.

Процесс уплотнения порошкообразных материалов при повышении давления прессования проходит за счет разрушения крупных зерен материала, что обеспечивает более плотную их упаковку. Более прочные контакты между частицами в дисперсных системах имеют структуры с точечными контактами [6]. Одним из методов увеличения количества контактов (точечных) между частицами для монодисперсного материала является заполнение промежутков

между частицами основной фракции зернами другой меньшей фракции. Дальнейшим шагом является размещение третьей фракции между частицами первых двух фракций и т.д. [7].

Таблица 2 – Физико-механические свойства образцов.

Влажность, мас. %	Средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Прочность при сжатии, МПа, образцов, испытанных			Коэффициент водостойкости
			сразу после прессования	через 28 суток хранения в воде	через 28 суток хранения в естественных условиях	
0	1154	39,0	27,0	26,4	37,1	0,71
3	1206	34,3	38,5	26,8	40,3	0,67
5	1346	29,0	33,8	19,8	27,3	0,62
10	1400	24,1	29,4	24,8	32,6	0,76
15	1458	18,4	28,1	28,2	38,2	0,74
ЛСТ*	1680	5,4	32,0	43,0	37,0	1,16
С-3*	1672	4,5	23,0	38,0	39,0	0,97

* влажность при прессовании 5 мас. %.

Одним из путей реализации указанного метода является использование поверхностно-активных веществ (ПАВ), действие которых обеспечивает адсорбционное понижение прочности твердого тела (эффект П.А. Ребиндера) [6]. Следствием эффекта является улучшение процесса деформирования, и разрушение твердых тел в результате уменьшения поверхностной энергии на границе раздела фаз. Кроме этого, при использовании гидрофильных ПАВ наблюдается пептизация агрегатов частиц за счет образования адсорбционных слоев и их диспергирование, вследствие чего наблюдается увеличение числа частиц в единице объема [8].

В таблице 2 представлены результаты испытаний образцов с добавками лигносульфоната и С-3, и влажностью при прессовании 5 мас. %. Введение добавок способствует повышению средней плотности образцов в 1,2 раза, а значение водопоглощения при этом уменьшается в 6,4 раза до значений 4,5 – 5,4 %. Кроме этого, существенно возрастает и прочность образцов, особенно при их хранении в течение 28 суток в воде. Значение коэффициента водостойкости увеличивается до значений 0,97 – 1,16.

Исходя из приведенных результатов исследований можно констатировать, что действие добавок пластификаторов (ЛСТ и С-3) кроме пластифицирующего эффекта обеспечивает диспергацию частиц вяжущего, что в свою очередь приводит к образованию полидисперсной (полифракционной) системы, вследствие чего количество контактов между частицами вяжущего возрастает. При этом увеличивается и водостойкость образцов, и их прочность.

Список использованных источников

1. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Максунев С.Е. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения. – К.: Вища школа, 1991. – 243 с.
2. Елисеєва В.И. Полимерные дисперсии. – М.: Химия, 1980. – 296 с.
3. Ожогин В.В. Основы теории и технологии брикетирования измельчённого металлургического сырья. – Мариуполь: ПГТУ, 2010. – 442 с.
4. R. W. Heckel, Trans. Metallurg. Soc. AIME, 221, 1001 – 1008 (1961).
5. Попильский Р.Я., Кондрашов Ф.В. Прессование керамических порошков. – М.: Металлургия, 1968. – 272 с.
6. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика: Избранные труды / П. А. Ребиндер. – М.: Наука, 1979. – 381 с.
7. Локтев И.И., Вергазов К.Ю., Власов В.А. О моделировании некоторых технологических свойств дисперсионных материалов. Технические науки. Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 6. – С. 85-89.
8. Рамачандран В.С. Добавки в бетон / пер. с английского Розенберг Т.И., Болдырева С.А.; под ред. Болдырева А.С., Ратинова В.Б. // М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.

ШМЕЛЬОВА Є.П.

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗЧИННОСТІ КОМПОЗИЦІЙНОЇ СИСТЕМИ В НЕОРГАНІЧНОМУ МОДЕЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Метою є створення остеоапатитного композиційного матеріалу на основі біогенного гідроксиапатиту, легованого наномагнетитом. У роботі приведено попередні результати по визначенню біорозчинності зазначеного композиту залежно від кількості легуючої добавки.

Целью является создание остеоапатитного композиционного материала на основе биогенного гидроксиапатита, легированного наномагнетитом. В работе приведены предварительные результаты по установлению биорастворимости указанного композита в зависимости от количества легирующей добавки.

The aim of this work is to create an osteoapatite composite material based on biogenic hydroxyapatite doped with nanomagnetite. The previous results on identification of bio-solubility of the mentioned composite depending on an amount of alloying addition were given in a work.

Ключові слова: біогенний гідроксиапатит, наномагнетит, біорозчинність, модельне середовище

Швидке та ефективно лікування кісткових травм та пошкоджень є однією з найбільших проблем сучасної медицини. При цьому пересадка ауто- чи аллоімплантів далеко не завжди повністю вирішує проблему, зважаючи на ряд біологічних та медичних показань [1,2]. У зв'язку з цим виникає необхідність створення нових чи вдосконалення вже створених біосумісних композиційних матеріалів. До останніх можна віднести і гідроксиапатит (ГА), як головний мінеральний компонент кісткової тканини.

Вихідним матеріалом для досліджень був біогенний гідроксиапатит із розміром зерен 160 мкм [3] та наномагнетит (Fe_3O_4). Композитна система була отримана шляхом механічного змішування компонентів з подальшим просушуванням при 100 °С протягом 1 год. Біорозчинність досліджували шляхом поміщення порошків у неорганічне модельне середовище (0,9-ий розчин NaCl) у співвідношенні 1:30. Отримані зразки протягом 2 та 7 діб перебували в термостатичних умовах за температури 36,5 — 37 С [4].

Величина біорозчинності для матеріалу з 1 мл феромагнітної домішки зменшилась від 0,85 %мас./добу до 0,37 %мас./добу за 2 та 7 діб відповідно. Зразок же, що вмщував 2 мл наномагнетиту за перші дві доби показав розчинність на рівні 0,70 % мас./добу, тоді як на 7 добу вказана величина становила вже 0,41 %мас./добу.

Отже, кількість лежучої домішки можна вважати фактором, який змінює швидкість біорезорбції композитної системи в невеликому інтервалі значень. Отримані дані свідчать про перспективність подальших досліджень вказаних матеріалів на предмет регулювання кількості наномагнетиту з метою встановлення їх нових властивостей.

Список використаних джерел

1. *Отиченко О. М.* Вплив фазового складу та дисперсності на біохімічні властивості лежованого наномагнетитом гідроксиапатиту / О. М. Отиченко, О. Р. Пархомей, І. В. Уварова. // Наноструктурное материаловедение. – 2015. – С. 86–92.
2. *Отиченко О. М., Пінчук Н. Д., Пархомей О. Р. та ін..* //Нанострукт. Материаловед. 2014. №2. С. 45.
3. *Отиченко О. М.* Остеоапатитний біоматеріал з магнітними властивостями / О. М. Отиченко, Н. Д. Пінчук, О. Р. Пархомей // YOUNG NANOBIOTECH — 2014. Молодіжний форум з нанобіотехнологій: тези доповідей наук.-практ. конф. з міжнародною участю (Київ, 21-22 травня 2014 р.) - Київ, 2014. - С. 66.
4. *Отиченко О. М.* Вплив попередньої магнітної обробки на динаміку розчинності композиційного гідроксиапатитного матеріалу / О. М. Отиченко, Н. Д. Пінчук, О. Р. Пархомей та ін. // Наноструктурное материаловедение. - 2014. - №2. - С. 45-52.

ВАЗІЄВ Я.Г., ПАВЛЕНКО О.В., к.т.н.

Шосткинський інститут СумДУ, м. Шостка

КОМПОЗИЦІЇ НА ОСНОВІ ФОСФОГІПСУ ТА ВІДХОДІВ ПІНОСКЛА

Запропоновано підхід до переробки відходів, що дозволяє утилізувати фосфогіпс, та залишки виробництва піноскла.

Предложен подход к переработке отходов, позволяет утилизировать фосфогипс, и остатки производства пеностекла.

The approach to recycling that allows phosphogypsum disposed of and the residual foam glass production.

Ключові слова: фосфогіпс, піноскло, відходи

Відомо, що промисловість будівельних матеріалів є найбільш перспективною галуззю з переробки відходів і супутніх продуктів. В той же час, розробка технологій утилізації фосфогіпсу залишається актуальним завданням, незважаючи на численні дослідження та проекти в цій галузі [1], оскільки відхід виробництва екстракційної фосфорної кислоти і мінеральних добрив займає перше місце в світі за обсягами утворення.

У роботі оцінювали можливість отримання з фосфогіпсу в'язучого і використання його в якості матеріалу для отримання легких наповнених гіпсобетонів. В якості сировини використовували фосфогіпс «Сумихімпром» (Україна) та відходи виробництва піноскла «Технологія» (Україна).

Гіпсове в'язуче отримували методом хімічної дегідратації з використанням концентрованої сульфатної кислоти [2].

Відомо, що в процесах отримання гіпсобетонних виробів використовують суміш, що складається з гіпсу, води і пористих заповнювачів. Однак розширення видобутку основних типів заповнювачів бетонів не завжди може бути реалізовано. Можливість же широкого застосування побутового склобою в якості наповнювачів обмежується його реакційною здатністю, що викликає розширення бетону при твердінні [3].

В той же час в процесі виробництва блоків піноскла утворюються відходи у вигляді крихти, що можуть бути використані у якості заповнювачу фосфогіпсобетону. Використання відходів піноскла дозволяє уникнути лужно-силікатної реакції, оскільки в процесі термообробки відбувається кристалізація матеріалу, особливо в поверхневих шарах.

Піноскло не піддається руйнівній дії сонячних променів, води, атмосфери, низьких температур і є корозійно-стійким матеріалом (не діє грибок і бактерії, більшість з органічних, мінеральних і біокислот, солей), а також екологічно чистим.

Стінові конструкції з бетонів і блоків з піносклом можуть не мати потребу в додатковій теплоізоляції; зменшують навантаження на фундамент; забезпечують додаткову звукоізоляцію; скорочують витрату в'язучого. Проведені дослідження зразків гіпсобетону на основі хімічно дегідратованого фосфогіпсу з наповнювачем з відходів піноскла показали відсутність процесів розширення гіпсового виробу протягом до двох місяців, а також збільшення міцності гіпсобетону. Останнє можна пояснити наступним чином: на відміну від кварцових інертних пісків, піноскло має велику міцність на стиск і є реакційно-здатним заповнювачем. На стадії твердіння відбувається механічна взаємодія між гіпсом та піносклом в зв'язку з формою його зерен і шорсткістю їх поверхні, крім того залишки аморфних силікатів на поверхні скла можуть взаємодіяти з надлишком оксиду кальцію, який використовувався в процесі хімічної дегідратації фосфогіпсу, з утворенням нерозчинного силікату кальцію.

Також в процесі дослідження виявлено зменшення часу застигання гіпсобетону зі збільшенням кількості заповнювачу з відходів піноскла, що потребує введення додаткових реагентів з метою уповільнення процесу.

Відсоток добавки С-3 від маси бетону перебуває в межах 0,5- 0,9 %. Відомий комбінований ефект від дії добавки: зниження витрати води на 20 - 30 % із частковим збільшенням рухливості бетонної суміші.

Таким чином встановлено можливість отримання композицій з поліпшеними експлуатаційними характеристиками придатних для використання в якості будівельних виробів на основі в'язучого, отриманого з фосфогіпсу з мінеральними пористим наповнювачем з відходів виробництва піноскла.

Список використаних джерел

1. *Щербакова С.Н.* Фосфогипс: хранение и направления использования как крупнотоннажного вторичного сырья, – М., 2010. – 191с.
2. *Вазієв Я.Г., Єсін В.В., Павленко О.В.* Хімічна дегідратація фосфогіпсу, Освіта, наука та виробництво: розвиток і перспективи: матеріали І Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 21 квітня 2016 року. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 238 с.
3. *О.В. Лазаренко, Ю.В. Суворова* Проектирование состава декоративного бетона с использованием бытового стеклобоя Вестник Полоцкого Государственного Университета. Серия F, 20

БОНДАР О.О., к.т.н., доцент, ГРЕЧАНЮК В.Г., д.х.н., професор.

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ В'ЯЖУЧОГО НА ОСНОВІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ З ДОБАВКАМИ НАНОКРЕМНЕЗЕМУ

В даній роботі досліджувався вплив добавок нанокремнезему (білої сажі) на процеси структуроутворення та формування структури в'язучого на основі портландцементу. Показано, що добавки нанокремнезему інтенсифікують процеси структуроутворення та гідратації в'язучого та сприяють підвищенню фізико-технічних показників цементного каменю, як на ранніх стадіях так і при подальшому твердненні.

В данной работе исследовалось влияние добавок нанокремнезему (белой сажи) на процессы структурообразования и формирования структуры вяжущего на основе портландцемента. Показано, что добавки нанокремнезема интенсифицируют процессы структурообразования и гидратации вяжущего и способствуют повышению физико-технических показателей цементного камня, как на ранних стадиях, так и при последующем твердении.

In this work we studied the effect of the addition of nanosilica (white carbon) on the processes of structure formation and structure formation of the binder based on Portland cement. It is shown that additions of nanosilica, the intensity of the processes of structure formation and hydration of the binder and increase the physical-technical parameters of cement stone, as in the early stages and subsequent solidification.

Ключові слова: нанокремнезем, портландцемент, структура, структуроутворення, міцність при стиску, рухливість, усадка, морозостійкість.

В останній час зі зростанням масштабів монолітного будівництва виникає потреба в удосконаленні властивостей розчинів на основі портландцементу.

В даній роботі досліджено вплив екологічно чистих добавок нанокремнезему (білої сажі) на формування структури цементного каменю.

Досліджений вплив добавок нанокремнезему (1-7 %, мас.) на процеси структуроутворення портландцементу. Дослідження проводили на приладі П-1Р. Показано, що в присутності добавок у в'язучих системах інтенсифікуються процеси структуроутворення та гідратації. В залежності від кількості добавки скорочується тривалість утворення просторового каркасу періодичної колоїдної структури (першої стадії) та індукційного періоду гідратації (другої стадії). Деструктивні явища в зразках з добавками значно зменшуються, що означає зменшення структурних змін у в'язучому, а, відповідно, усадки в'язучого.

На початкових стадіях гідратації добавки нанокремнезему є центрами кристалізації та матрицями у вигляді об'ємних просторових структур на яких конденсуються гідросилікати, що сприяє підвищенню гідратації цементу.

Добавки нанокремнезему маючи високу питому поверхню та Si-ОН групи на поверхні здатні до хемосорбції іонів кальцію з утворенням додаткової

кількості гідросилікатів. В залежності від кількості добавки змінюється розташування в об'ємі гідросилікатів та їх морфологія, а відповідно, структура матеріалу.

Більш досконала структура утворена на ранніх стадіях тверднення є матрицею від просторової будови якої залежать фізико-механічні показники цементного каменю і при подальшому твердненні.

Для вивчення впливу добавок нанокремнезему на фізико-технічні характеристики цементного каменю використовували портландцемент М500, в якості пластифікатора "Релоксол". Добавки нанокремнезему вводили від 1 до 7 % від маси в'язучого. Зразки тверднули в нормальних умовах. Фізико-механічні показники цементного каменю після твердіння на протязі 7 та 28 діб приведені в таблиці 1.

Таблиця - Фізико-механічні показники цементного каменю

№ п/п	Кількість нанокремнезему, мас %	Міцність при стиску (МПа), після тверднення на протязі	
		7 діб	28 діб
1	-	29,3	48,0
2	1	33,7	56,2
3	3	35,5	60,1
4	5	38,4	67,5
5	7	31,8	54,8

Встановлено, що оптимальна кількість добавки нанокремнезему знаходиться в межах 3-5%. Міцність цементних зразків з вмістом добавок нанокремнезему в кількості 3 та 5 % після тверднення на протязі 7 та 28 діб збільшується на 21-26 та 30-40 % відповідно. При введенні у в'язуче більшої кількості добавки нанокремнезему підвищення міцності зразків зменшується, порівняно з добавками 3 та 5 %. Це зв'язано з тим, що при введенні великої кількості добавки з високою питомою поверхнею порушується однорідність матеріалу, що і приводить до зменшення міцності.

Рухливість цементного розчину з оптимальною добавкою нанокремнезему (5%) відповідає 14 см. Розшарування цементного розчину з добавками не відмічається. Морозостійкість цементного каменю відповідає марці F50.

Таким чином, розроблене в'язуче з вмістом нанокремнезему відзначається покращеними показниками міцності, морозостійкості, рухливості та може бути використане для монолітного будівництва.

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

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КЛІНКЕРНОЇ СКЛАДОВОЇ У ПОРТЛАНДЦЕМЕНТАХ З АКТИВНИМИ МІНЕРАЛЬНИМИ ДОБАВКАМИ

Встановлено вплив активних мінеральних добавок на водопотребу цементного тіста. Розрахунковим методом визначено витрату цементу та клінкерної складової у складі цементу з активними мінеральними добавками в залежності від марки цементу та бетону на його основі.

Установлено влияние активных минеральных добавок на водопотребность цементного теста. Расчетным методом определен расход цемента и клинкерной составляющей в составе цемента с активными минеральными добавками в зависимости от марки цемента и бетона на его основе.

The influence of active mineral additives on the water demand of the cement paste. Calculation method to determine the costs of cement and clinker in the cement composition component with active mineral additives, depending on the type of cement and concrete based on it.

Ключові слова: цементі загальнобудівельного призначення, активні мінеральні добавки, водопотреба цементного тіста, бетонні суміші, жорсткість, рухливість.

Зниження енергоємності та матеріалоємності національного продукту є першочерговою задачею розвитку промислового комплексу України. У галузі будівельного виробництва ця задача може бути вирішена шляхом зменшення витрат основного мінерального в'язучого – портландцементу, загальна енергоємність якого дорівнює 7500 МДж на тонну, та за рахунок залучення до складу портландцементу активних мінеральних добавок. Одним з основних напрямів скорочення енергоємності будівельного виробництва, який відповідає існуючим світовим тенденціям, є зменшення кількості клінкерної складової у складі будівельних виробів, шляхом введення до складу цементів загальнобудівельного призначення активних мінеральних компонентів, що знайшло відображення у діючих в Україні нормативних документах [1].

Згідно [1] передбачається можливість використання ряду активних мінеральних добавок, які можна використовувати при виробництві цементу. Але в Україні з них в наявності є тільки золи-виносу і пуцолани природного походження (трепел, опока, діатоміт). В твердіючому цементі вони здатні проявляти пуцоланову активність – зв'язувати вапно в низькоосновні гідросилікати при твердненні у нормальних умовах. Наряду з цим, оскільки дисперсність добавки співрозмірна з розмірами зерен цементу, водопотреба в'язучого зростає зі збільшенням кількості введеної добавки, що, у

відповідності до закону водоцементного відношення [2, 3, 4], впливає на кінцеву міцність композицій.

Метою досліджень було встановлення витрати клінкерної складової в залежності від легкоукладальності бетонних сумішей та марки бетону, що проектується, при використанні у якості в'язучого цементів з активними мінеральними добавками.

За результатами дослідження було визначено вплив активних мінеральних добавок на водопотребу цементного тіста та розрахунковими методами встановлено витрату цементу та витрату клінкерної складової в залежності від марки бетону за легкоукладальністю, активністю цементу та марки бетону, що проектується у порівнянні з цементом без добавок.

Для визначення впливу якісного та кількісного складу портландцементу на його реологічні характеристики, були виготовлені композиції на основі цементу типу ПЦ-І з добавками золи виносу Ладижінської ТЕС та трепелу Коноплянського родовища (Кіровоградської області) склади яких наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Склади композицій, що досліджувались

№ складу	Клінкер, мас. %	Вид добавки	Кількість добавки, мас. %	Тип цементу
1	100	-	0	ПЦ І
2	94	трепел	6	ПЦ ІІ-ІІ
3	80	трепел	20	ПЦ ІІ-ІІ
4	94	зола-виносу	6	ПЦ ІІ-3
5	80	зола-виносу	20	ПЦ ІІ-3
6	79	трепел + зола-виносу	21	ПЦЦ ІV/A
7	65	трепел + зола-виносу	35	ПЦЦ ІV/A
8	64	трепел + зола-виносу	36	ПЦЦ ІV/Б
9	45	трепел + зола-виносу	55	ПЦЦ ІV/Б

Результати дослідження залежності водопотреби цементу з активними мінеральними добавками, яка визначалася за В/Ц тіста нормальної густини наведені на рисунку 1.

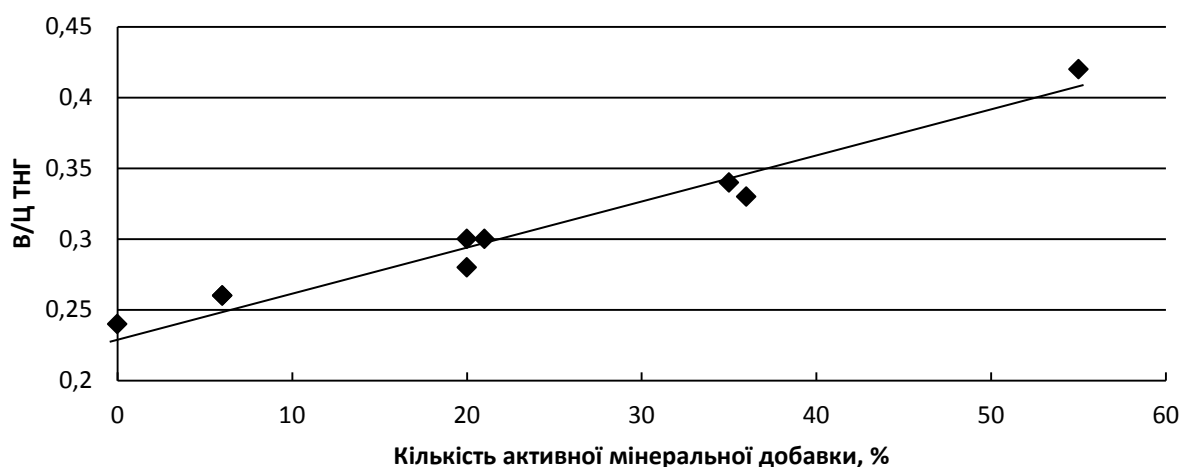


Рис. 1. Залежність В/Ц тіста нормальної густини від кількості активної мінеральної добавки у складі портландцементу.

При визначенні впливу виду та кількості активної мінеральної добавки на реологічні характеристики тіста нормальної густини (рис. 1) встановлено, що із збільшенням кількості добавки у складі портландцементу з добавкою пуцолани (ПЦ П-П), водопотреба тіста нормальної густини збільшується, що супроводжується збільшенням $V/C_{\text{ТНГ}}$ з 0,26 (при кількості добавки трепелу 6 мас. %) до 0,30 (при кількості добавки трепелу 20 мас. %). Аналогічно, при збільшенні кількості добавки у складі портландцементу з добавкою золи-виносу (ПЦ П-З), водопотреба тіста нормальної густини збільшується та супроводжується збільшенням $V/C_{\text{ТНГ}}$ з 0,26 (при кількості добавки золи-виносу 6 мас. %) до 0,28 (при кількості добавки золи-виносу 20 мас. %).

При збільшенні кількості комбінованої добавки (трепелу та золи-виносу) у складі пуцоланового цементу (ПЦЦ IV/А), водопотреба тіста нормальної густини збільшується та супроводжується збільшенням $V/C_{\text{ТНГ}}$ з 0,30 (при кількості добавки 21 мас. %) до 0,34 (при кількості добавки 35 мас. %). Аналогічно, при збільшенні кількості комбінованої добавки (трепелу та золи-виносу) у складі пуцоланового цементу (ПЦЦ IV/Б), водопотреба тіста нормальної густини збільшується та супроводжується збільшенням $V/C_{\text{ТНГ}}$ з 0,33 (при кількості добавки 36 мас. %) до 0,42 (при кількості добавки 55 мас. %).

Узагальнюючи результати, що отримані при визначенні водопотреби цементного тіста, можливо зробити висновок, що введення до складу портландцементів загальнобудівельного призначення активних мінеральних добавок призводить до збільшення водопотреби цементу, що супроводжується підвищенням значення $V/C_{\text{ТНГ}}$.

Розрахунок витрати цементу та клінкерної складової у складі важкого бетону виконувався у відповідності з загальноприйнятою методикою для бетонів рядових складів [2, 3, 4], що відповідає умові:

$$R_b \leq 2AR_u \quad (1),$$

де: R_b – марка бетону, що проектується; R_u – активність цементу; A – коефіцієнт, який характеризує якість заповнювачів ($A = 0,6$).

У цьому випадку міцність бетону розраховується за формулою:

$$R_b = A R_u \left(\frac{C}{B} - 0,5 \right) \quad (2),$$

Значення водоцементного відношення визначається за формулою:

$$\frac{B}{C} = \frac{AR_u}{(R_b + 0,5AR_u)} \quad (3).$$

Розрахунок витрати клінкерної складової здійснювався з урахуванням табличного значення витрати води, необхідної для отримання бетонної суміші з заданою маркою за легкоукладальністю. Розрахунок здійснювався для цементу з нормальною водопотребою ($V/C_{\text{ТНГ}}=0,24$) та для випадків, коли водопотреба цементу збільшувалася за рахунок введення активної мінеральної добавки, що представлено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Водоцементне відношення тіста нормальної густини для складів цементів з активною мінеральною добавкою.

№ складу	Тип цементу	Кількість добавки, мас. %	В/Ц тнг
1	ПЦ I	0	0,24
2	ПЦ II-П	6	0,26
3	ПЦ II-П	20	0,30
4	ПЦЦ IV/A	21	0,30
5	ПЦЦ IV/A	35	0,34
6	ПЦЦ IV/Б	36	0,33
7	ПЦЦ IV/Б	55	0,42

Розрахунок витрати клінкерної складової здійснювався за формулою:

$$Ц = \frac{B}{B/Ц} \quad (4),$$

де: В – витрата води, що визначається водопотребою цементу за В/Ц_{тнг}; В/Ц – водоцементне відношення, що визначається за формулою (3).

Розрахунок витрати клінкерної складової для бетонів рядових складів виконувався для випадків, що наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Перелік марок бетонів, що проектуються в залежності від марки цементу, що використовується.

Марка цементу	Марка бетону, що проектується					
	600	500	400	300	200	100
500	600	500	400	300	200	100
400	500	400	300	200	100	-
300	400	300	200	100	-	-

Для усіх перелічених випадків були розраховані витрати цементу для важких бетонів з легкоукладальністю Ж4 та П4. На основі отриманих результатів було розраховано витрату клінкерної складової та значення показника економії клікера, який визначався як різниця між витратою клінкеру у складі бетонів на основі цементу без добавок та аналогічним показником у складі бетонів, що проектувалися на основі цементів з активними мінеральними добавками.

Показник економії клінкерної складової (рис. 2) розраховувався як різниця між значенням витрати клінкерної складової у складі бетонів на основі цементу без добавок та значення витрати клінкерної складової для відповідних складів бетонів на основі цементів з активною мінеральною добавкою. Від’ємне значення вказаного показника свідчить про те, що у складі бетонної суміші на основі цементу з добавкою, витрата клінкерної складової перевищує аналогічний показник для складів бетону на основі цементу без добавки.

На основі наведених результатів видно, що максимальне значення економії клінкеру для жорстких сумішей (рис. 2а, 2б, 2в) характерно для складів бетону, що виготовлені з використанням цементу М500 який вміщує 55 мас. % активної мінеральної добавки. При цьому, економія клінкеру при виготовленні бетону марки 600 складає 85 кг/м³ та поступово зменшується до значення 28 кг/м³ для бетонів марки 100.

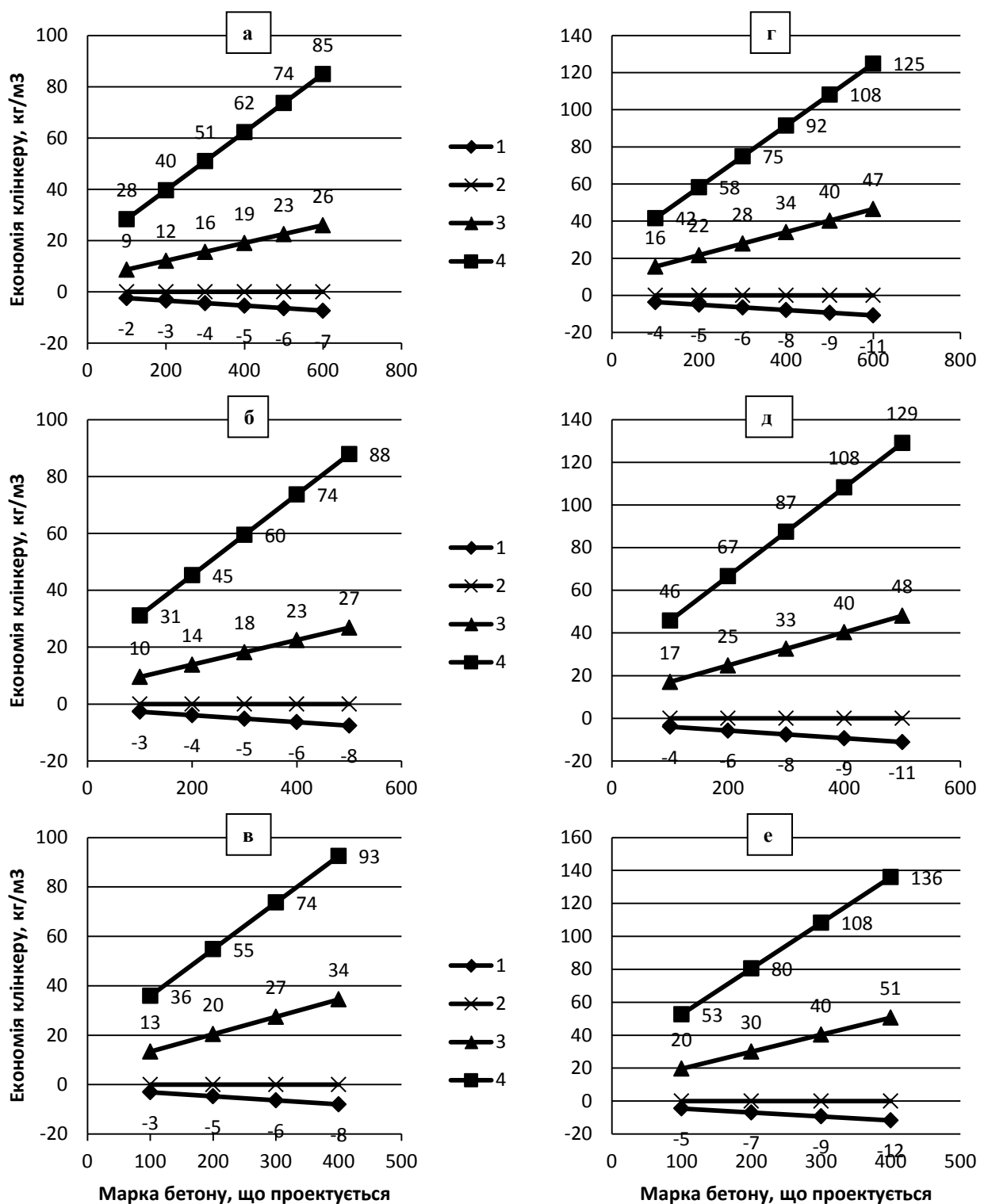


Рис. 2. Економія клінкеру в залежності від марки бетону, що проектується, для жорстких бетонних сумішей (Ж4) при використанні цементу М500 (а), М400 (б), М300 (в) та для литих бетонних сумішей (П4) при використанні цементу М500 (г), М400 (д), М300 (е), в залежності від кількості добавки: 6 мас. % (1), 20 мас. % (2), 35 мас. % (3) та 55 мас. % (4).

Із зменшенням кількості добавки у складі цементу до 35 мас. % економія клінкеру зменшується, а для цементу, що включає 20 мас.% добавки, витрата клінкеру для бетонів усіх складів дорівнює тому ж показнику, що й для бетонів, виготовлених на основі цементу без добавки. Тобто в цьому випадку економія

клінкеру дорівнює нулю. У разі використання цементу з добавкою 6 мас. % витрата клінкеру незначно перевищує аналогічний показник для бетонів, що виготовлені з цементу без активної мінеральної добавки.

Для литих бетонних сумішей (рис. 2г, 2д, 2е) максимальне значення економії клінкеру також характерно для складів бетону, що виготовлені з використанням цементу М500 який вміщує 55 мас.% активної мінеральної добавки. При цьому, економія клінкеру при виготовленні бетону марки 600 складає 125 кг/м³ та поступово зменшується до значення 42 кг/м³ для бетонів марки 100.

Із зменшенням кількості добавки у складі цементу до 35 мас.% економія клінкеру зменшується, а для цементу, що включає 20 мас.% добавки, витрата клінкеру для бетонів усіх складів дорівнює тому ж показнику, що й для бетонів, виготовлених на основі цементу без добавки. Тобто в цьому випадку економія клінкеру рівна нулю. У разі використання цементу з добавкою 6 мас.% витрата клінкеру незначно перевищує аналогічний показник для бетонів, що виготовлені з цементу без активної мінеральної добавки.

На рисунку 3 показана залежність показника економії клінкеру для жорстких бетонних сумішей (рис. 3а) та для литих бетонних сумішей (рис. 3б) на основі цементу марок 500, 400 та 300, який включає 55 мас.% активної мінеральної добавки.

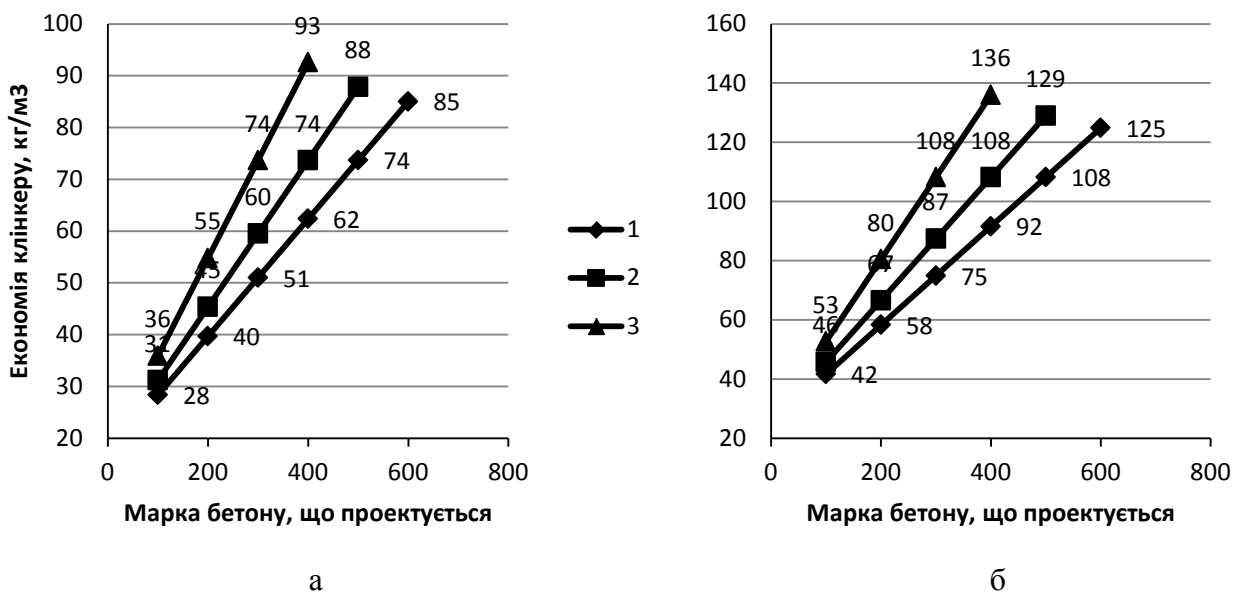


Рис. 3. Значення показника економії клінкеру для жорсткої (а) та литої (б) бетонної суміші на основі цементу марок 500 (1), 400 (2) та 300 (3), який включає 55 мас.% активної мінеральної добавки.

При використанні цементу з максимальною кількістю активної мінеральної добавки (55 мас. %) для жорстких бетонних сумішей максимальної економії клінкеру, 93 кг/м³, вдається досягти при використанні цементу М300 у складі бетону марки 400. При використанні цементу М400 максимальне значення економії клінкеру складає 88 кг/м³ у складі бетонній суміші марки 500, а у разі

використання аналогічного цементу марки 500, максимальна економія клінкеру, 85 кг/м^3 , досягається при реалізації бетонної суміші марки 600.

При використанні цементу з максимальною кількістю активної мінеральної добавки (55 мас. %) для литих бетонних сумішей максимальної економії клінкеру, 136 кг/м^3 , вдається досягти при використанні цементу М300 у складі бетонної суміші марки 400. У разі використання цементу марки 400, максимальне значення економії клінкеру, 129 кг/м^3 , притаманне бетонній суміші марки 500, а у разі використання аналогічного цементу марки 500, максимальна економія клінкеру, 125 кг/м^3 , досягається при реалізації бетонної суміші марки 600.

Отже, максимальна ефективність використання клінкеру для виробництва бетонних сумішей досягається у такій відповідності: при виробництві певної марки бетону з використанням цементу марки на сотню нижчої за марку відповідного бетону і максимальної кількості активної мінеральної добавки (55 мас. %). При цьому чим вища марка бетону, тим більше значення показника економії клінкеру.

У разі використання для виробництва бетону цементу з 6 мас. % активної мінеральної добавки витрата клінкеру перевищує аналогічний показник для бетонів, що виготовлені з цементу без активної мінеральної добавки, тобто спостерігається деяка перевитрата клінкеру. Витрата клінкерної складової при використанні цементу з 20 мас. % активної мінеральної добавки у бетонах різних марок така ж як і при використанні бездобавочних цементів, тобто економія клінкеру відсутня.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови [Текст]. Чинний 2011-09-01 – К. : Вид-во Мінрегіонбуд України, 2011. – 20 с. – (Національні стандарти України).
2. *Баженов Ю.М.* Технологія бетону [Текст] / Ю.М. Баженов. – М. : Изд. АСВ, 2003 – 500 с. - ISBN 5 – 93093 – 138 – 0.
3. *Гоц В.І.* Бетони і будівельні розчини [Текст] : Підручник / В.І. Гоц. – К. : КНУБА, 2003. – 472 с. – ISBN 966 – 7769 – 22 – 4.
4. *Дворкін Л.Й.* Випробування бетонів і будівельних розчинів. Проектування їх складів [Текст] : Навч. посібник / Л.Й. Дворкін, В.І. Гоц, О.Л. Дворкін – К. : Основа, 2014. – 304 с. - ISBN 978 – 966 – 699 - 772 – 5.

ІЛЬНИЦЬКИЙ Д.М.

Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

ШЛЯХИ РЕФОРМУВАННЯ ЦЕМЕНТНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ ЗА ПРИКЛАДОМ НІМЕЧЧИНИ

В статті розглянуто сучасні енерго- та ресурсозберігаючі технології виробництва цементу німецькою корпорацією Dyckerhoff, застосування ними екологічних норм. Такі методи проведення виробництва можуть бути ефективними і для України.

The article considers modern energy and resource saving technologies in cement production the German company Dyckerhoff, the application of environmental norms. Such production methods can be effective for Ukraine.

Ключові слова: цементна промисловість, альтернативне паливо, побутові та промислові відходи.

Поєднання теорії і застосування отриманих теоретичних знань на практиці ще поки не впроваджено в систему освіти в Україні, на жаль. Але саме це є метою Програми стажування німецького бізнесу для України. Програма пропонує студентам, аспірантам та випускникам університетів унікальну можливість набути практичного досвіду в німецьких компаніях та застосувати теоретичні знання, отримані в університеті, на практиці в рамках цієї програми.

У компанії Dyckerhoff, що виробляє цемент та бетон по всьому світі, в тому числі й в Україні, запропонували мені місце для проходження стажування в рамках Програми стажування на декількох підприємствах у Німеччині, а саме: в Інституті ім. Вільгельма Дюккергоффа (Wilhelm Dyckerhoff Institut für Baustofftechnologie) у м. Вісбадені та на цементних заводах у Дойні (Deuna) та Гезеке (Geseke).

Для мене стажування в німецькій компанії стало дуже корисним досвідом застосування своїх знань і умінь на практиці, а також поглиблення знань. Звісно, все що я бачив у Німеччині, я порівнював з тим, що ми маємо в Україні. Перше, що кидається у вічі, це види палива, які використовуються на німецьких підприємствах. На відміну від України, в Німеччині добре організований ринок побутових та промислових відходів. Спеціальні підприємства займаються збором, сортуванням, обробкою та підготовкою відходів до вторинного використання, допомагають їм і звичайні німці – там дуже поширене сортування побутового сміття. Отже, як вторинне паливо в цементній промисловості в Німеччині використовуються старі шини, відпрацьовані мастила, флюф - полімерна фракція побутових та промислових відходів (пластмаси, упаковки), м'ясо-кісткове борошно, розчинники, відстій стічних вод. Звісно, що використання вторинного палива не замінило первинне паливо (вугілля, нафтовий кокс, мазут, природний та інший газ) повністю. Але комбінування первинного та вторинного палива – це суттєве зменшення витрат підприємства на енергоносії, економічно вигідна утилізація відходів,

зменшення навантаження на довкілля завдяки зменшенню видобутку первинного палива, а також, це зменшення емісій, які не уникнути при утилізації відходів із залученням спеціального обладнання.

Без сумніву використання вторинного палива не таке просте, як може здатись на перший погляд. Вторинне паливо не таке стабільне, на відміну від первинного, тому його використання вимагає постійного контролю якості палива та внесення змін у режим випалу при зміні його теплотворної здатності або вологості, наприклад. Також необхідно контролювати, щоб кількість шкідливих продуктів горіння палива не перевищувала допустимої норми та приймати заходи із зменшення їх вмісту в димових газах. Зараз це успішно практикується цементною промисловістю Німеччини. Наразі використання вторинного палива на німецьких цементних заводах понад 60%, поступове зростання спостерігалось протягом кількох останніх десятиліть (див. рис).

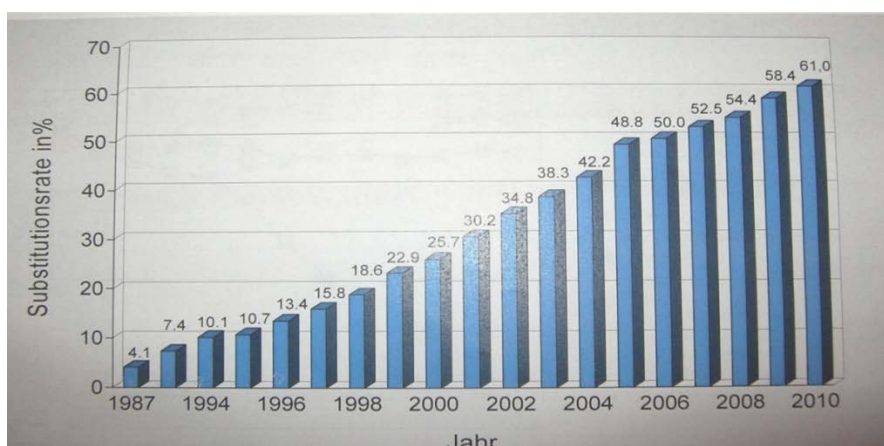


Рис. Розвиток використання вторинного палива в цементній промисловості Німеччини

Натомість в Україні ми використовуємо первинного палива на 100%. І це відбувається в період економічних та політичних складностей у нашій державі, коли нам вкрай необхідно реформувати економіку так, щоб можна було використовувати ресурси максимально раціонально. Щоправда, в останні роки на підприємстві Волинь-Цемент у м. Здолбунові були спроби використання альтернативного палива (торфу), я вважаю, цього замало, але перспективи для розвитку є.

Перше, що необхідно зробити, з моєї точки зору, це створити ринок побутових та промислових відходів в Україні. Для цього на законодавчому рівні створити сприятливі умови для роботи підприємств зі збору, сортування та обробки відходів. По-друге, необхідно дослідити склад відходів, та продукти їх горіння. По-третє, змусити підприємства не просто скидати відходи, що найпростіше та найдешевше, а взаємодіяти з підприємствами, що переробляють відходи, та передбачити відповідальність за невиконання цього. Це надзвичайно важлива політична складова цієї реформи, впровадження якої в Україні передбачає докладання колосальних зусиль. Саме тому, на мій погляд, нам треба співпрацювати і брати досвід наших європейських колег. Адже, як відомо, ресурси обмежені, і їх раціональне використання – запорука сильної економіки України.

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

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

МЕТОД КОНІЧНОГО ПЛАСТОМЕТРА ДЛЯ АНАЛІЗУ СТРУКТУРОВАНИХ ДИСПЕРСІЙ

В роботі викладено метод отримання роздільних інваріантних значень граничних напружень при стисненні і зсуві для структурованих дисперсних систем за допомогою конічного пластометра.

В работе изложен метод получения отдельных инвариантных значений предельных напряжений при сжатии и сдвиге для структурированных дисперсных систем с помощью конического пластометра.

The paper describes a method of obtaining separate invariant values of limit stresses in compression and shear for structured disperse systems with conical plastometer.

Ключові слова: навантаження, напруга зсуву, конічний пластометр, тиксотропні властивості, вісесиметричний штамп

Метод занурення конуса, вперше запропонований П.О. Ребіндером [1], був теоретично обґрунтований М. П. Воларовичем з співробітниками [2], які оцінили поле нормальних і дотичних напружень і вивели формулу для визначення граничної напруги зсуву. Ребіндер рекомендував здійснювати розрахунок констант пластичної міцності за формулою (1):

$$P = K \frac{F}{h^2} \quad (1),$$

де $K = \frac{1}{\pi} \cdot \cos^2 \frac{\varphi}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}$, F - прикладене навантаження; h - глибина занурення в момент рівноваги; φ - кут при вершині конуса.

Пластична міцність є сумарним показником як граничних напружень при зсуві Θ (надалі - напруга зсуву), так і при стисканні σ (граничний тиск, надалі - напруга при стисканні). Наслідком такого стану є відсутність інваріантності при визначенні граничних напруг (пластичної міцності) за формулою (1) з використанням конусів з різними кутами при вершині. Приймаючи конус як вісесиметричний штамп [2], було уточнено коефіцієнт у формулі (1) для отримання інваріантних значень граничної напруги зсуву. У зазначених роботах розглядаються граничні випадки: малий кут при вершині конуса і досить пластична система - відповідають визначенню пластичної міцності; великий кут при вершині конуса і міцна, крихка структура - відповідають

визначенням граничної напруги стиснення. Треба зазначити, що існуючі методики вимірювань не передбачають роздільну оцінку θ і σ . Однак це має важливе значення для визначення тиксотропних властивостей дисперсних систем.

Покажемо, що за допомогою конічного пластометра легко визначаються величини напруги зсуву θ і напруги стиснення σ в момент найбільшого занурення конуса h , тобто настання рівноваги між силами тяжіння і утримуючими силами.

За результатами наших експериментів було показано, що в дисперсіях глинистих мінералів $\sigma = 2\theta$. У цьому випадку можна обійтися без значень h при різних навантаженнях і формула (2) приймає вигляд формули (1) П.О.Рєбіндера:

$$P = K_1 \frac{F}{h^2}, \quad (2)$$

$$\text{де } K_1 = \frac{1}{\pi(2\text{tg}^2 \frac{\varphi}{2} + \text{tg} \frac{\varphi}{2})}$$

Знайдемо оптимальний кут конуса із умови повного використання несучої здатності випробуваної системи від граничних напруг на стиснення і зсув в момент зависання конуса. Додатковою умовою для такого визначення є значення співвідношення $\frac{\sigma}{\theta}$. Приймавши $\sigma = 2\theta$ і розрахувавши сили, що діють на конус, а також їх рівнодіючу, запишемо: $\pi h^2 \sigma \cdot \text{tg}^2 \frac{\varphi}{2} = \pi h^2 \theta \cdot \text{tg}^2 \frac{\varphi}{2}$. Звідси, $\frac{\varphi}{2} = 26^\circ 34'$, а $\varphi = 53^\circ 8'$.

В таблиці 1 наведено коефіцієнти для розрахунку граничної напруги зсуву, отримані за різними формулами, з якої видно, що при кутах, близьких до оптимальних по використанню повною несучої здатності, величини коефіцієнтів за формулою (2) і обчислені теоретично практично збігаються.

Таблиця – Значення постійних для конусів з різними кутами

Кут при конусі φ	Значение К		
	За формулою $K_1 = \frac{1}{\pi(2\text{tg}^2 \frac{\varphi}{2} + \text{tg} \frac{\varphi}{2})}$	За формулою $K = \frac{1}{\pi} \cdot \cos^2 \frac{\varphi}{2} \cdot \text{ctg} \frac{\varphi}{2}$	Обчислені графічно із [2]
30°	0,774	1,109	0,949
45°	0,420	0,658	0,416
$53^\circ 8'$	0,3179	0,509	0,320
60°	0,256	0,415	0,217
90°	0,106	0,159	-

Методи вищевикладених розрахунків базується на використанні повної несучої здатності дисперсій при будь-яких кутах конуса. Досягнення показниками σ і θ своїх граничних значень одночасно в момент найбільшого

занурення конуса (з довільним кутом) можливе, якщо випробувані системи близькі до ідеально пластичним тіл, у яких виявляються пластичні течії з практично незруйнованою структурою. При недотриманні цієї умови показники, отримані на приладі з конусом, будуть некоректними. Тиксотропно зміцнені дисперсії багатьох глин практично можна віднести до ідеально пластичним тіл, тому подальші дослідження пов'язані саме з ними.

Список використаних джерел

1. *Ребиндер П.А.* Физико-химическая механика дисперсных структур. – В кн.: Физико-химическая механика дисперсных структур. – М.: 1966. - С. 3-16.
2. *Гораздовский Т.Я., Ребиндер П.А.* К теории конического пластометра. - Колл. журн., 1970, т. 32, № 4. - С. 512-519.

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

КОТЕЛ Л.Ю., БРИЧКА С.Я., к.х.н., с.н.с.

Институт химии поверхности им. А.А.Чуйко НАН Украины, г. Киев

АНТИВОСПЛАМЕНЯЮЩИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА РЕЗИНА/ГАЛЛОИЗИТНЫЕ НАНОТРУБКИ

Створено композиційні матеріали з використанням силікатних нанотрубок для зменшення їх займистості. Використання галлоізитних нанотрубок в якості добавок забезпечує міцність матеріалів і збільшує час до їх займання.

Созданы композиционные материалы с использованием силикатных нанотрубок для уменьшения их воспламеняемости. Использование галлоизитных нанотрубок в качестве добавок обеспечивает прочность материалов и увеличивает время до их воспламенения.

Created composite materials using silicate nanotubes to reduce their flammability. Using halloysite nanotubes as additives ensures durability of materials and extends to their ignition.

Ключевые слова: антивоспламеняющие свойства, композиты, галлоизитные нанотрубки, резина.

Галлоизитные алюмосиликатные нанотрубки работают по тому же механизму, что и негалогенированные антипирены с возможностью достижения самых высоких противопожарных стандартов. Нанотрубки используются как автономный антипирен, а также как синергист в сочетании с другими материалами – стекловолокном и органоглиной. Галлоизиты, в отличие от конкурирующих материалов, могут применяться в экстремальных условиях при низких и высоких температурах. Использование органических антивоспламеняющих добавок во многих случаях ухудшает свойства композитных материалов, поэтому наноглина – галлоизит по сравнению с ними более привлекательна для промышленности [1-4]. Строительные изделия подразделяются на четыре группы: Г1 – слабо, Г2 – умеренно, Г3 – нормально и Г4 – сильно горючие материалы. Цель работы состоит в создании композиционных материалов с использованием неорганических нанотрубок для уменьшения их воспламеняемости.

Производство резиновых плиток из крошки автомобильных шин подразумевает склеивание компонентов под давлением. На рис. а представлено СЭМ изображение образца плитки без добавления антипирена, который принадлежит к классу Г4 по ГОСТ 30244-94. Наноразмерную глину вводили в состав плиток с содержанием 15 и 30 %, что уменьшило их горючесть до класса Г2. Изображения на рис. б, в свидетельствуют (белые зоны) о равномерном, гомогенном распределении нанотрубок на поверхности в массиве образцов.

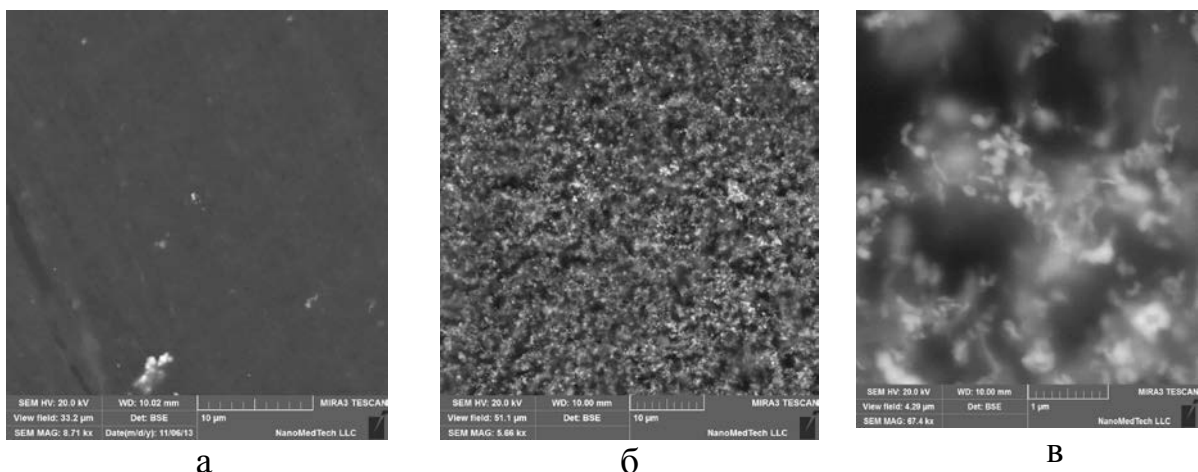


Рис. СЭМ фотографии исходного (а) и модифицированного композита (б, в)

Механизм действия алюмосиликатов заключается в том, что во время нагревания композитов образуется плохо горючий термический изоляционный барьер, который не пропускает кислород воздуха, препятствует выделению горючих газов и поэтому увеличивает время до воспламенения композита. Дополнительная способность галлоизитных нанотрубок обеспечивать прочность материалов делает их хорошей альтернативой традиционным огнезащитным добавкам. Следует отметить, что глины уменьшают негативное влияние воды и УФ-излучения на долговечность композиционных материалов.

Список використаних джерел

1. *Бричка С.Я.* Природные алюмосиликатные нанотрубки: структура и свойства // Наноструктурное материаловедение. – 2009. – №2. – С.40-53.
2. *Бричка С.Я.* Химия имоголитных нанотрубок. Часть 1. Синтез и структура // Катализ и нефтехимия. – 2010. – №18. – С.14-22.
3. *Бричка С.Я.* Химия имоголитных нанотрубок. Часть 2. Модифицирование и свойства // Катализ и нефтехимия. – 2011. – №19. – С.64-71.
4. *Бричка С.Я.* Применение алюмосиликатных нанотрубок // Наноструктурное материаловедение. – 2012. – №4. – С.40-60.

БЕРЛАДІР Х.В.¹, РУДЕНКО П.В.², СВІДЕРСЬКИЙ В.А.¹, д.т.н., професор,
БУДНИК О.А.³, к.т.н., доцент

¹Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

²Сумський державний університет, м. Суми

³Білгородський державний технологічний університет ім. В.Г. Шухова,
м. Білгород

ОСОБЛИВОСТІ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНІ ВОЛОКНИСТОГО НАПОВНЮВАЧА ДЛЯ ПОЛІТЕТРАФТОРЕТИЛЕНОВИХ КОМПОЗИТІВ

В статті розглядається спосіб модифікації поверхні вуглецевого волокна методом іонно-плазмового напилення Ті. Показано практичну можливість використання даного способу при отриманні політетрафторетиленових композитів та подальші напрями досліджень.

В статье рассматривается способ модификации поверхности углеродного волокна методом ионно-плазменного напыления Ті. Показано практическую возможность использования данного способа при получении политетрафторэтиленовых композитов и дальнейшие направления исследований.

The way of modification of a surface of carbon fiber by method of an ion-plasma dusting Ti is considered in the article. It is shown a practical possibility of use of this way in obtaining of polytetrafluoroethylene composites and the further directions of researches.

Ключові слова: вуглецеве волокно, політетрафторетилен, композит, титан, іонно-плазмове напилення, структура, модифікація.

Сучасна промисловість потребує виробництва нових полімерних і композиційних матеріалів (ПКМ) з високим рівнем експлуатаційних характеристик [1, 2].

Матеріали з провідним майбутнім для застосування у вузлах тертя промислового обладнання є композити на основі політетрафторетилену (ПТФЕ) та вуглецевого волокна (ВВ), що успішно застосовуються для заміни традиційних матеріалів триботехнічного призначення [3].

В таких композиціях суттєвий вклад у процес формування структури, а отже, і основних експлуатаційних властивостей, вносять фізико-хімічні процеси, що протікають в примежових шарах при формуванні композиції [4].

Формування реакційно-активних поверхонь ПТФЕ-матриці та ВВ є важливою науково-практичною задачею, а її вирішення гарантує досягнення та відтворення проектних властивостей композиту.

Для забезпечення технологічного поєднання ВВ з ПТФЕ-матрицею в антифрикційних композитних матеріалах науковцями запропоновано модифікувати поверхню ВВ різними способами [5-10]. Така обробка наповнювача дозволяє підвищити характеристики композитного матеріалу, які багато в чому залежать від адгезійного зв'язку ВВ та ПТФЕ-матриці [4].

У даній роботі запропоновано спосіб нанесення Ті на вуглетканину марки УТМ-8 методом іонно-плазмового напилення на установці Булат-3М.

В ході проведення експериментів були підібрані наступні режими процесу нанесення покриття: сила струму дуги $I_d = 90\text{А}$; напруга зміщення $U_{зм} = 200\text{В}$; тиск нагнітання $P_{нагн} = 5 \cdot 10^{-5}$ мм. рт. ст.; тиск напуску $P_{нап} = 5 \cdot 10^{-5}$ мм. рт. ст.; час циклу $t_{ц} = 10\text{с}$.

Дослідження надмолекулярної структури напиленої Ті поверхні ВВ здійснювали за допомогою скануючого електронного мікроскопа високої роздільної здатності TESCAN MIRA 3 LMU (рис. 1) та рентгенофлуоресцентного спектрометра серії ARL 9900 WorkStation з вбудованою системою дифракції (рис. 2).

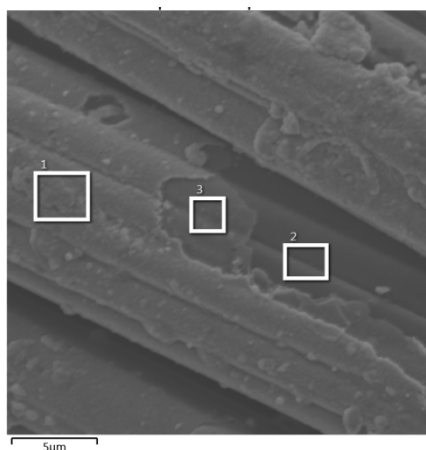


Рис. 1. Мікроструктура поверхні ВВ, напиленого Ті

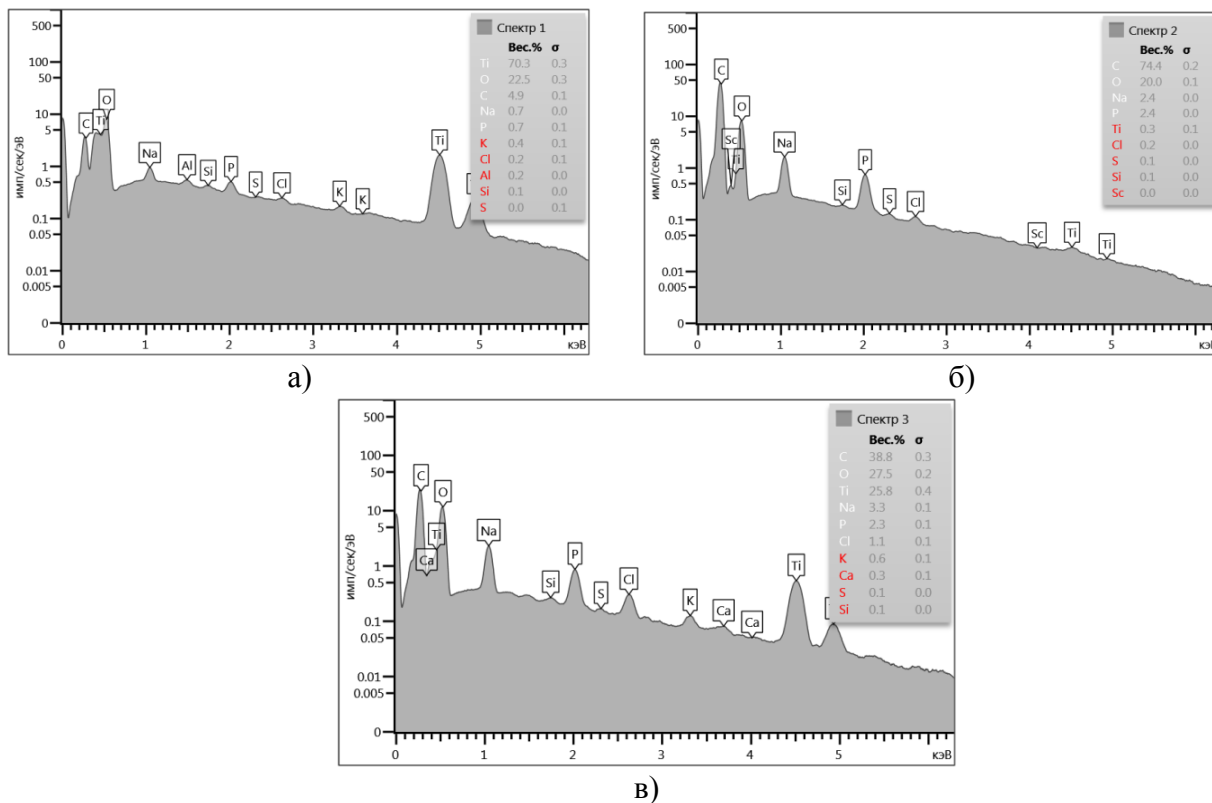


Рис. 2. Спектрограми поверхні ВВ, напиленого Ті: а) спектр 1; б) спектр 2; в) спектр 3 (згідно рис. 1)

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що поверхня вуглецевого волокна дійсно напилена Ti , хоча і неоднорідно. Це пов'язано з сильним газовиділенням від великої кількості органічної складової у ВВ, що ускладнює процес напilenня.

Таким чином, проведений етап досліджень підтвердив практичну можливість використання способу нанесення Ti на поверхню ВВ методом іонно-плазмового напilenня при отриманні ПКМ на основі ПТФЕ.

Надалі планується виготовлення серії експериментальних зразків на основі ПТФЕ і поверхнево модифікованих ВВ для дослідження їх фізико-механічних і триботехнічних властивостей.

Список використаних джерел

1. Handbook of fluoropolymer science and technology / edited by Dr. Dennis W. Smith, Dr. Scott T. Iacono, Dr. Suresh S. Iyer. – Hoboken : John Wiley & Sons, Inc., 2014. - 646 p. — ISBN 978-0-470-07993-5.
2. Polymer Composites. Volume 1: Macro - and Microcomposites / Sabu Thomas, Joseph Kuruvilla, S.K. Malhotra, Koichi Goda, M.S. Sreekala (eds.). - Wiley-VCH, 2012. - 829 p.
3. Handbook of engineering polymeric materials / edited by Nicholas P. Cheremisinoff. – NY : Marcel Dekker, Inc., 1997. – 894 p. - ISBN: 0-8247-9799-X.
4. Липатов Ю.С. Физическая химия полимеров / Ю.С. Липатов. – М.: Химия, 1977. – 304 с.
5. Влияние механической активации на процессы синтеза амосиликатов *in situ* в системе $BN-AL_2O_3-SiO_2-Si_3N_4$ / Л.Р. Вишняков, А.В. Мазная, Т.В. Тамила, Л.Н. Переселенцева // Порошковая металлургия. – 2008. - № 7/8. - С. 3-9.
6. Буря А.И. Влияние модификаций углеродных волокон на структуру углепластика на основе фенилона / А.И. Буря, Н.Т. Арламова, С.П. Сучилина-Соколенко // Композиційні полімерні матеріали. - 2002. - Т. 24, №1. - С. 24-27.
7. Черваков Д.О. Властивості активованих базальтових волокон для композитних матеріалів конструкційного призначення / Д.О. Черваков, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр // Вопросы химии и химической технологии. – 2009. - №3. - С. 100-102.
8. Влияние свойств поверхности углеродных волокон на физико-механические характеристики карбопластиков / О.А.Новикова, В.П.Сергеев, В.Ф.Литвинов и др. // Пласт. Массы.- 1980. - № 11. – С. 37-38.
9. Будник О.А. Технологические особенности получения углеволокнистого наполнителя фторопластового композита / О.А. Будник, М.В. Бурмістр // Вопросы химии и химической технологии. – 2009. - № 4. - С. 80-85.
10. Nanostructural modification of polytetrafluoroethylene and its composition by energy influence / K.V. Berladir, T.P. Hovorun, V.A. Sviderskiy, P.V. Rudenko, M.E. Vyshehorodtseva // Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2016. – Т.8, No 1. – p. 01033-1 - 01033-5.

ГОЛОВЧУК С.А.

Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТА ФАЗОВОГО СТАНУ КОМПОНЕНТІВ НА ВИХІД І БУДОВУ ГІБРИДНИХ ОЛІГОМЕРНИХ ПРОДУКТІВ

В роботі наводяться результати дослідження впливу концентрації та фазового стану вихідних компонентів на вихід та будову гібридних олігомерних продуктів. Метою є визначення оптимальних умов для синтезу олігофенолятів ванадію, заліза та міді, а саме порівняння використання для синтезу наважок хлоридів металів та їх розчинів.

В работе приводятся результаты исследования влияния концентрации и фазового состояния исходных компонентов на выход и строение гибридных олигомерных продуктов. Целью является определение оптимальных условий синтеза олигофенолятов ванадия, железа и меди, а именно сравнение использования для синтеза навесок хлоридов и их растворов.

The paper presents the impact of concentration and phase state of initial components on the yield and structure of hybrid oligomeric products. The aim of the experiment is to determine the optimal conditions for the synthesis of vanadium, iron and copper oligo phenolates, namely comparison of the use of solid metal chlorides and their solutions for the synthesis.

Ключові слова: олігофенолят, металополімер, гібридні матеріали, ванадій, залізо, мідь.

Гібридні органо-неорганічні олігомерні системи є перспективними компонентами в широкому спектрі сучасних технологій. Вони можуть використовуватися в якості зв'язуючих для отримання конструкційних і функціональних матеріалів з високими фізико-механічними, антифрикційними, оптичними властивостями, а також теплостійких адгезивів, покриттів різного призначення, іонообмінних матеріалів, мембран. Їх особливі властивості пов'язані з присутністю в їх структурі нанорозмірних неоднорідностей органічної і неорганічної природи.

Для створення металополімерних матеріалів використовуються три різних підходи: 1) з використанням будівельних блоків, 2) формування матеріалів методом *in situ* на основі золь-гель процесів і 3) одночасним формуванням обох компонентів. Одночасне формування неорганічного і органічного полімерів приводить до найбільш однорідних матеріалів, тому обрали цей метод.

Прекурсор змішують з органічним мономером і проводять процес в присутності або відсутності розчинника. При цьому можливе протікання трьох процесів: 1) динамічне формування сітки неорганічної фази; 2) перебіг полімеризації органічної фази; 3) термодинамічний процес фазового розділення двох фаз [1, 2]. Зіставлення і підбір кінетичних параметрів перших двох процесів полімеризації так, щоб вони проходили одночасно і досить швидко, веде до зменшення або виключення фазового поділу матеріалів.

Були досліджені процеси, які відбуваються при синтезі гібридних олігомерів із класу поліфеніленів з вмістом моно- та поліядерних комплексів перехідних металів. З метою отримання максимального виходу олігофенолятів ванадію, заліза та міді, проводили експерименти по оптимізації процесу їх синтезу. Однією з задач було порівняти використання для синтезу наважок хлоридів металів та їх розчинів.

Для проведення експерименту концентрація водного розчину олігофенілену становила - 100 г/л. Перед реакцією водний розчин смоли нагрівався до 295 К (25 °С). Сіль металу поступово вводилася по 0,05 г в розчин смоли. Після додавання останньої порції солі, подальшого прогріву ще протягом 10 хв випадав рясний осад. Осад відфільтрували на лійці Бюхнера і промивали великим об'ємом дистильованої води для видалення домішкових залишків хлориду металу. Далі олігофенолят піддавався термообробці при температурі 973 К (700 °С) для того, щоб видалити всю органічну частину домішок, які могли залишитися після промивання водою. Залишком після термообробки був оксид відповідного металу, після перерахунку на стехіометричний вміст металу в оксиді, виводився вміст металу в олігофеноляті [3].

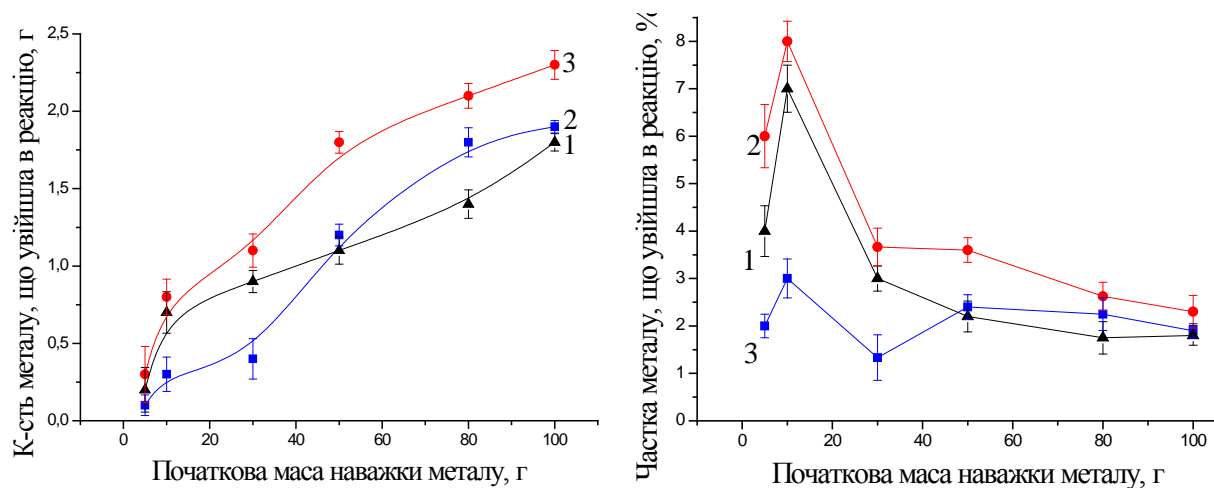


Рис. 1. Залежність абсолютної і відносної кількості оксиду металу, який вступив в реакцію від початкової наважки солі з утворенням олігофенолятів ванадію(1), заліза (2), міді(3).

Як можна судити з графіку, найбільша кількість солі металу, що вступила у реакцію з олігомером, спостерігається для хлориду заліза. Перегин лінії, що вказує на уповільнення і зупинку входження металу в реакцію з феніленовим олігомером, знаходиться на рівні 10-11 г початкового масового співвідношення. При цьому після термообробки сухий залишок при зважуванні склав для початкових 10 г - 8%. За ним слідує хлорид ванадію, сухий залишок склав 6,8% від початкової маси. Далі хлорид міді - 3%. Так як абсолютне і відносне значення частки металу, що увійшов виявилися невеликі (до 8%), то було запропоновано збільшити частку металу і відповідно вихід основного продукту за рахунок використання водних розчинів металу.

Був використаний розчин олігофенілену з концентрацією 100 г/л. Розчини нагрівалися до температури 298К (25°C), після нагрівання їх зливали і перемішували. У процесі перемішування протягом 10 хв, випадав рясний осад, який обробляли і розраховували кількість металу за вищевказаною схемою.

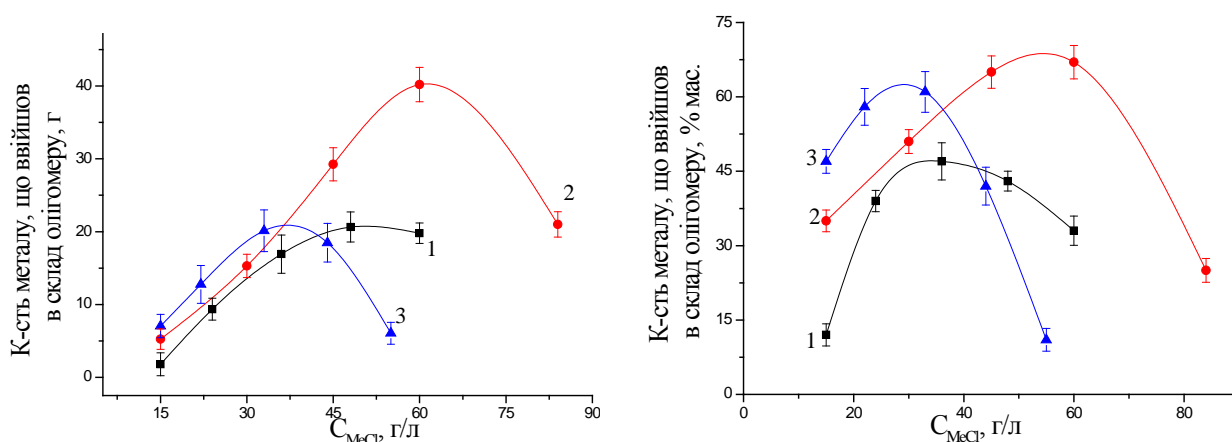


Рис. 2. Залежність абсолютної і відносної кількості оксиду металу, який вступив в реакцію від концентрації розчину солі з утворенням олігофеноляту ванадію(1), заліза(2), міді(3).

Запропонований варіант з використанням розчинів солей металу виявився вірним - вдалося підвищити вихід продукту майже в 8 разів. Оптимальна концентрація розчину солі ванадію становить 35-50 г / л, заліза - 55-60 г / л, міді 27-34 г / л. При цьому вихід продукту реакції становить в середньому від 46-65% від початкової концентрації розчину.

Список використаних джерел

1. *Hernan P.* Rhodium complexes with nitrogen-donor ligands anchored on silicic supports. 1. Synthesis and characterization / P. Hernan, C. Del Pino, E. Ruiz-Hitzky // *Chemistry of materials*. – 1992. – V. 4. – N 1. – P. 49–55.
2. *Jiménez-Morales A.* Hybrid Organic-Inorganic Electrode-Membranes Based on Organo-Polysiloxane/Macrocycle Systems / A. Jiménez-Morales, J.C. Galván, P. Aranda // *MRS Proceedings*.– Cambridge: University Press, 1998.– V. 519.– P. 211.
3. *Савченко Д.А.* Гибридные органо-неорганические полимеры как новый класс инструментальных материалов. Оптимизация синтеза и механизм реакции // *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сборник научных трудов*.– Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, НАН Украины, 2013.– Вып.16.– С. 381.

ВИТВИЦЬКИЙ В.М., СОКОЛЬСЬКИЙ О.Л., к.т.н., доцент,
 МІКУЛЬОНОК І.О., д.т.н., професор

Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ ГРАНУЛЬОВАНОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ

Наведено результати експериментальних досліджень коефіцієнта тертя гранульованого поліетилену від навантаження та температури.

Приведены результаты экспериментальных исследований коэффициента трения гранулированного полиэтилена от нагрузки и температуры.

The results of experimental research of friction coefficient of granulated polyethylene from load and temperature.

Ключові слова: полімер, гранула, тертя, навантаження, температура, екструдер.

Експериментальне дослідження коефіцієнта тертя (КТ) по металевій поверхні проводилось відповідно до методики, описаної у [1], на гранулах поліетилену високої густини марки 15803-020 (ГОСТ 16337-77) для трьох різних коробок заввишки $H = 7, 15$ і 23 мм, що відповідає глибині гвинтового каналу екструдера. Апроксимуючі криві (рис.) побудовано за допомогою поліному другого ступеня, середнє значення достовірності апроксимації не нижче 0,9.

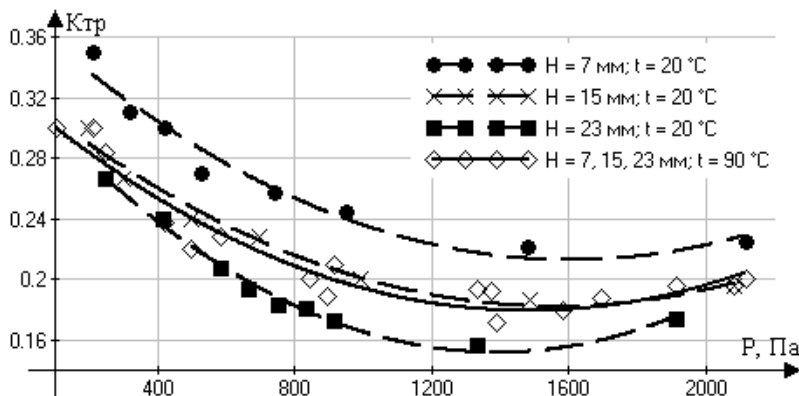


Рис. Залежність коефіцієнта тертя поліетилену по металевій поверхні від тиску за різних значень глибини каналу

Середнє значення КТ $K_{тр}$ поліетилену при температурі $t = 20^\circ\text{C}$ зменшується зі збільшенням глибини каналу, також загалом видно спадну залежність КТ від тиску P . При збільшенні температури поверхні до $t = 90^\circ\text{C}$ КТ перестає залежати від зміни глибини каналу, на рис. 1 наведена одна апроксимуюча крива за результатами вимірювань для трьох значень глибини.

Список використаних джерел

1. Витвицький В. М. Вплив тиску та температури на коефіцієнт тертя гранульованих полімерних матеріалів по металевій поверхні / В. М. Витвицький, О. Л. Сокольський, І. О. Мікульонюк // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 12 (1184). – С. 12-16.

САВЧЕНКО Д.О., к.т.н., ПАЩЕНКО Е.А., д.т.н., профессор, НЕКОВАЛЬ Н.Н.,
ГОЛОВЧУК С.А., ЛАЖЕВСКАЯ О.В., к.т.н., БЫЧИХИН В.Н.,
ЧЕРНЕНКО А.Н.

Национальный политехнический университет Украины «КПИ», г.Киев
Институт сверхтвердых материалов НАН Украины, г. Киев

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАФЕН-ГРАФАНОВЫХ СТРУКТУР В ПОЛИФЕНОЛЯТАХ ВАНАДИЯ, ЖЕЛЕЗА, МЕДИ В ПРОЦЕССЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

В роботі розглянута можливість використання олигофенолятів ванадію, заліза, міді для створення полімерних матеріалів, які містять шари графену та графану в своїй структурі. За допомогою рентгенофазового аналізу та спектроскопії комбінаційного розсіювання доведена їх наявність в структурі полімеру після полімеризації

В работе рассмотрена возможность использования олигофенолятов ванадия, железа, меди для создания полимерных материалов, содержащих слои графена и графана в своей структуре. С помощью рентгенофазового анализа и спектроскопии комбинационного рассеивания доказано их наличие в структуре полимера после полимеризации.

The ability to use oligophenolate of vanadium, iron, copper for synthesis of polymeric materials containing graphene and graphane layers was considered. The layer's presence in polymer structure was evidenced with X-ray analysis and Raman spectroscopy.

Ключевые слова: графен, графан, олигофенолят, ванадий, железо, медь

Создание полимерных композиционных материалов содержащих графен и графеноподобные структуры – одно из перспективных направлений современного материаловедения. Такие композиционные материалы обладают рядом повышенных свойств: теплопроводность, износостойкость, прочность, эластичность и др.[1, 2]

Одним из олигомерных соединений, на основе которых может быть создан материал, содержащий графеновые структуры, – это олигофенолят металла. Особый интерес представляют олигофеноляты на основе ванадия, железа и меди, так как эти металлы могут представлять интерес как катализаторы процессов образования графено- и графано-подобных структур [3].

Экспериментальная часть:

Образцы полимеров получали полимеризацией в пресс-форме при температуре 543 К и давлении 30 МПа в течение 45 мин.

Структура полифенолятов ванадия, железа и меди на основе соответствующих олигофенолятов изучалась с помощью дифрактограмм рентгенофазового анализа и спектров комбинационного рассеивания.

Рентгенофазовый анализ проводился на установке ДРОН-1,5 с использованием фильтрованного излучения CuK_α с длиной волны 0,154 нм. Инструментальная угловая ширина коллимации 2 мин.

КР-спектры регистрировались на спектрометре Renishaw spectrometer при комнатной температуре, с использованием возбуждающего излучения 514 нм с режекторным фильтром резки $\sim 100 \text{ см}^{-1}$, с защитой от температурных изменений в образце из-за возбуждающего действия лазерного излучения и с мощностью падающего луча от ~ 4 до $\sim 0,04 \text{ мВ}$.

Результаты и обсуждение:

Можно предположить существование графеновых и графановых плоскостей в полимере по данным широкоугольного рентгеновского анализа (рис.1):

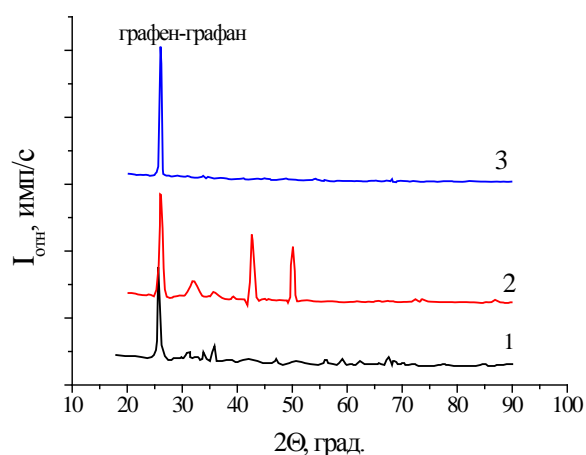


Рис. 1. Дифрактограммы полифенолятов ванадия (1), железа (2), меди (3)

Пик при 26–28 градусах Θ предположительно[4] указывает на существование слоев графена и графана в полимерном материале, но также пик может указывать на слои углерода в материале.

Для того чтобы подтвердить выдвинутое предположение о существовании слоев графена и графана, дополнительно использованы результаты КР-спектроскопии (рис.2):

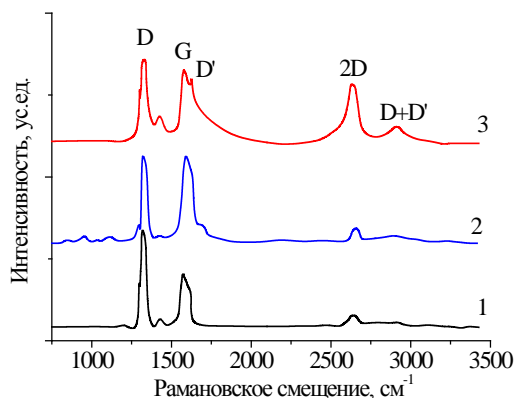


Рис. 2. КР-спектры полифенолятов ванадия (1), железа (2), меди (3)

G и D-пики (1350 и 1580 см^{-1}), возникают как результат sp^2 -гибридизации атомов углерода [5]. Пик G соответствует оптическим продольным фононам, находящимся в центре зоны Бриллюэна, пик D – движениям поперечных фононов. Поперечные движения фононов связаны с присутствием дефектов в структуре. Увеличение интенсивности пика D указывает на рост упорядоченности слоев углерода. $2D(\sim 2630\text{ см}^{-1})$ пик, являющийся обертоном пика D, возникает как результат суммарного взаимодействия фононов с противоположными моментами. Особый интерес вызывает пик $D'(1625\text{ см}^{-1})$, который возникает, как результат процессов рассеяния, связанных с фононным резонансом, которые в свою очередь, образуются в условиях присутствия структур графена. Наличие графено-графановых структур можно подтвердить появлением пика D, D' и появлением линии $D+D'(\sim 2590\text{ см}^{-1})$. Последняя линия появляется в результате взаимодействия фононов с разными моментами, возникающими из-за дефектов в структуре.

Выводы: Показана возможность создания графен-графановых структур в процессе формирования полифенолятова ванадия, железа и меди. Доказано наличие в полимере графен-графановых структур на основании рентгенофазового анализа и спектроскопии комбинационного рассеивания.

Список использованных источников

1. *Галашев А.Е.* Устойчивость графена и материалов на его основе при механических и термических воздействиях/ А.Е. Галашев, О.Р. Рахманова // Успехи физических наук.–2014.– Т. 184. – № 10. – С. 1045–1065.
2. *Елецкий А.В.* Графен: методы получения и теплофизические свойства/ А.В. Елецкий, И.М. Искандарова, А.А. Книжник, Д.Н. Красиков // Успехи физических наук. – 2011.– Т. 181. – № 3. – С. 234–268.
3. *Mamedov E.A.* Oxidative dehydrogenation of lower alkanes on vanadium oxide-based catalysts. The present state of the art and outlooks / E.A. Mamedov, V. Cortés Corberán // Applied Catalysis – 1995. – V. 127. – N 1. – P. 1–40.
4. *Guoxiu W.* Facile synthesis and characterization of graphene nanosheets / W. Guoxiu, J. Yang, J.Park // J. Physical Chemistry. – 2008. – V.112 – P. 8192–8195.
5. *Ferrari A.C.* Raman spectroscopy of graphene and graphite: disorder, electron–phonon coupling, doping and nonadiabatic effects // Solid State Communications. – 2007. – V. 143. – N 1. – P. 47–57.

SKOROKHOD S.V.¹, A. ZAITSEV², PhD., DUDKO V.A.¹

¹ National Technical University of Ukraine “KPI”, Kiev,

² University of Maine, Le Mans

Research of physico-mechanical properties of composites based on modified epoxy oligomers

В данной работе рассматривается влияние процесса модифицирования эпоксидных олигомеров, содержащих группы заместителей на основе адамантана, комплексными соединениями металлов на физико-механические характеристики композитов. Приведены изменения, которые происходят в композитах после процесса модифицирования.

В даній роботі розглядається вплив процесу модифікування епоксидних олігомерів, що містять групи замісників на основі адамантану, комплексними з'єднаннями металів на фізико-механічні характеристики композитів. Наведено зміни, які відбуваються в композитах після процесу модифікування.

In this paper we consider the impact of modifying epoxy oligomers containing substituent groups on the basis of adamantane, metal complex on physical and mechanical properties of composites. An ongoing changes in the composites after modification.

Keywords: Epoxy oligomers, adamantane, metal complex, Vicat softening temperature

Modification of epoxy oligomers containing massive substituent groups on the basis of adamantane, with metal complex, can significantly affect the physical and mechanical characteristics of the composites. In particular, the effect of copper monoethylamine complexes on elastic modulus of diamond composites with different volume content of diamond powder AC 20 100/80

characterized by the data presented in Figure 1. The results indicate the presence of optimum content of the complex. In this case, it is 10% by weight of the total weight of the epoxy oligomer. Reducing of the elastic modulus values at high content of complex in the oligomer and thus, at a higher content of fine metal particles in the composite may be associated with an increase in the average size of the metal particles. Further, possibly, formation of uneven distribution of metal particles in the hardening agent rising due to diffusion.

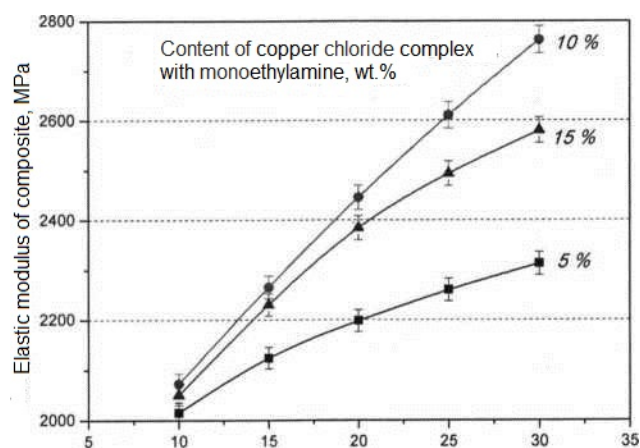


Fig. 1. Effect of volume fraction of filler (AC 100/80) on the elastic modulus of composites based on oligomers, modified with monoethylamine copper complexes.

Interfacial interaction between the filler surface and oligomers, in particular diamond particles, directly affects the physical - mechanical characteristics of the composites. In turn, the capillary interfacial processes depend on the type of the metal complex used for the modification of the oligomer. Therefore, the choice of modifying agent can significantly affect the behavior of the composite under operating conditions. Thus, in Fig. 2 shows the temperature dependence of the elastic modulus of composites. Content of monoethylamine copper complexes

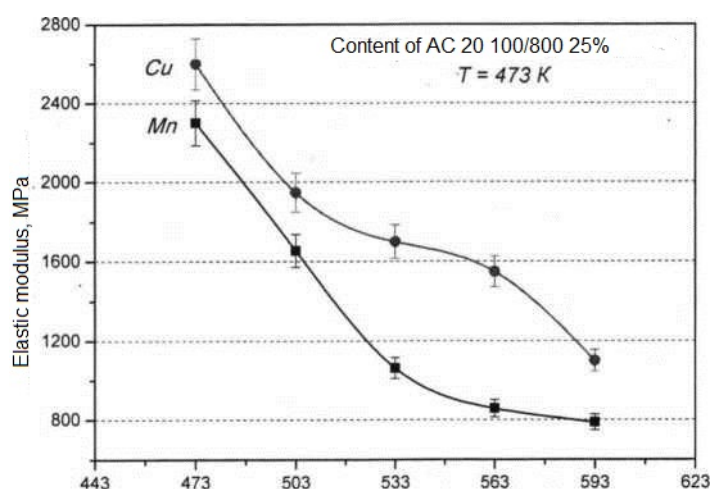


Fig. 2. Temperature dependence of the elastic modulus of composites based on oligomers modified with complex compounds of copper and manganese, filled with AC 20 100/800.

An important feature of the system is dependence of its physical and mechanical properties one temperature. It should be noted, that the epoxy resins modified by derivatives of adamantane and metal complexes have higher heat resistance in comparison with unmodified polymers of Dianin's oligomers. Vicat softening temperature values for polymers based on resins with different contents of copper compounds are represented in the table:

Table - Effect of the copper complex in the composition on the oligomer composite heat resistance

The content of complex Cu in the oligomer, wt. %	Unmodified oligomer	5	10	15	20
Vicat softening temperature, K	419	459	528	468	445

Quite significant range of thermal resistance performance at a relatively narrow range of variation of the composition of the composites suggests that these changes in the composition (within 5-20 wt.% Of the metal compound in the composition of the reaction system of the starting oligomer) accompanied by significant structural changes. In particular, in the above range of the content the metal complex can vary considerably form in which metal enter the polymer, from single ions to clusters of different sizes. Further, the clusters are central particles polynuclear complex fragments may, by attaching tiny migrating ions or clusters move to the status of ultrafine particles included in the polymer.

Bibliography

1. Получение низкотемпературных керамических композитов на основе полиорганосилоксанов / Пашенко Е. А., Черненко А. Н., Шатохин В.В., Лажевская О. В., Савченко Д. А. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент - техника и технология его изготовления и применения. - Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля, НАН Украины. 2013. - вып. 16. - С. 535-544.

2. Об изменении распределения элементов свободного объема отвержденных эпоксидных связующих / Лажевская О. В., Черненко А.Н., Савченко Д. А., Царюк Д. В. // Сборник материалов Всероссийской молодежной научной школы «Химия и технология полимерных и композиционных материалов», Москва, 26-28 ноября 2012 г. - С. 192.

СКОРОХОД С.В., КУЧЕРЕНКО К.В., МЕЛЬНИК Л.І. к.т.н.

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

ТЕПЛОВИДІЛЯЮЧІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ

Робота присвячена дослідженню теплофізичних властивостей композиційних матеріалів на основі кремнійорганічних зв'язуючих і графіту. Досліджено тепловиділення з одиниці поверхні розроблених покриттів. Показано вплив різних факторів на цей процес, таких як: концентрація наповнювача, вид зв'язуючого, додавання терморозширеного графіту.

Работа посвящена исследованию теплофизических свойств композиционных материалов на основе кремнийорганических связующих и графита. Исследованы выделение тепла с единицы поверхности разработанных покрытий. Показано влияние различных факторов на этот процесс, таких как: концентрация наполнителя, вид связующего, добавление терморасширенного графита.

The work is devoted to research thermal properties of composite materials based on silicon and graphite bonding. Investigated heat per unit of surface coatings. The influence of various factors on the process, such as the concentration of filler, binder type, the addition of exfoliated graphite.

Ключові слова: композиційні матеріали, графіт, кремнійорганічні зв'язуючі, електропровідність, тепловиділення, лакофарбові покриття.

Серед нагрівальних елементів, останнім часом, широко розповсюджуються полімерні композиційні матеріали, що поєднують ряд цінних властивостей як наповнювача так і полімерної матриці. Нами розроблено композиційні матеріали на основі кремнійорганічних зв'язуючих і графіту в якості струмопровідного наповнювача. Композицію готували в кульовому млині, час диспергування визначався по ступеню перетиру (10 мкм за гриндометром «Клин»).

З метою визначення максимально можливих теплових навантажень на матеріал, що працює в якості тепловиділяючого елемента, визначалась температура поверхні лакофарбового покриття на основі графіту. Зміна температури поверхні впливає на властивості самого лакофарбового покриття, а внаслідок різних температурних коефіцієнтів лінійного розширення зв'язуючого і наповнювача, виникають внутрішні напруги. Компенсувати їх можливо за рахунок використання більш еластичного зв'язуючого.

Фізична сутність явища полягає в проходженні електричного струму через ланцюжки графіту та виділенні тепла на поверхню. В лакофарбовому покритті теплопровідність неоднорідна за рахунок складної будови покриття. Тепловиділення відбувається через зв'язуюче і наповнювач, при цьому можливе локальне підвищення температури на межі розділу фаз. Виділення

тепла в навколишнє середовище відбувається за рахунок конвекції і випромінення. З підвищенням температури поверхні частка енергії, що віддається в навколишнє середовище за рахунок випромінення збільшується.

Цікавим було дослідити залежність теплофізичних властивостей покриттів від концентрації наповнювача в межах перколяційного ефекту та вплив на їх зміну додатків ТРГ який володіє розвинутою пористою структурою. Дослідження проводили на прикладі системи поліфенілсилоксан (ПФС) – графіт (ГАК-2), в концентраційному інтервалі 25-35 мас.%, адже саме при цих концентраціях в системі присутній напівпровідниковий ефект. Вибір саме цієї системи зумовлений її специфічними властивостями як в фізико-хімічному, так і в технологічному відношенні. Встановлено, що введення додатку ТРГ (1 мас.%) зменшує опір в 10-20 разів. Сила струму при цьому зростає на порядок (див. табл.).

Таблиця - Тепловиділення з одиниці поверхні покриття

Концентрація графіту, мас.%	Сила струму, А	Сума потужності Вт/см ²	Температура нагріву поверхні, К	Опір, Ом
35	0,3/1,5	0,09/0,28	313/308	41,3/3,1
	0,5/2	0,27/0,52	360/360	43,8/3,2
	0,7/2,5	0,54/0,83	418/458	45,3/3,3
	1/3	0,98/1,35	478/475	39,8/3,7
	1,1/3,5	1,35/1,66	508/508	39,9/3,3
30	0,3/1	0,21/0,20	320/313	71,7/6,1
	0,4/1,5	0,49/0,37	358/338	94,3/5,1
	0,6/2	1,14/0,68	468/390	96,2/5,2
	0,7/2,5	1,55/1,13	508/453	96,1/5,5
25	0,3/1	0,57/0,53	330/326	214,3/11,1
	0,4/1,5	1,22/1,11	416/403	258/10,3
	0,5/2	2,14/2,53	433/513	290,0/13,2

Чисельник / знаменник: системи ПФС+ГАК-2 / системи ПФС+ГАК-2+1 мас.% ТРГ

В ході експерименту встановлено, що при температурі поверхні 513 – 553 К не відбувається руйнування полімерного покриття для всіх досліджуваних систем за рахунок перегріву. Виділення продуктів деструкції кремнійорганічного зв'язуючого при підвищенні температури спостерігається лише за рахунок місцевого перегріву міжфазного шару. Локальна температура значно перевищує температуру поверхні покриття і може досягати температури деструкції зв'язуючого. Даний процес якраз характерний для систем з напівпровідниковим ефектом, коли за рахунок мікролокальних перегрівів руйнується структура матеріалу. Контролювати та керувати даними змінами неможливо. Тому значний інтерес викликало дослідження систем з більшою концентрацією провідної складової, при якій напівпровідниковий ефект знижений на багато порядків, а система має омичну провідність. Зважаючи на попередні дослідження технологічних [1], фізико-механічних [2] та електричних властивостей [3] даних систем оптимальна концентрація графіту

знаходилась в межах 50 – 70 мас.%. Тому цікавим було дослідити процес тепловиділення в системах саме в такому концентраційному інтервалі.

Встановлено, що залежність питомої потужності від вмісту наповнювача (при майже однаковій температурі поверхні нагріву) має параболічний характер при мінімумі в інтервалі концентрацій наповнювача 55-60 мас.%, незалежно від природи зв'язуючого. Так, для системи ПМФС-ГЛС в інтервалі температур 448 – 458 К при концентрації 31,5 – 55 – 76 мас.% питома потужність складає відповідно 0,718 – 0,639 – 0,997 Вт/см². Системи ПФС-ГЛС в температурному інтервалі 443 – 468 К і концентрації 30 – 60 – 70 мас.% має питому потужність 0,938 – 0,530 – 0,927 Вт/см². Виходячи з одержаних даних можна стверджувати, що тип зв'язуючого як і вид графіту суттєвого впливу на теплофізичні властивості поверхні не здійснюють. Питома потужність для систем ПФС-ГЛС-2 при концентрації 30 мас.% і температурі поверхні 338 – 343 К складає 0,37 Вт/см², а ПФС-ГЛС-1 при аналогічних умовах вона становить 0,27 Вт/см². В системі ПМФС-ГЛС-1 при концентрації 31 мас.% і температурі поверхні 363 К питома потужність становить 0,3 Вт/см², а в ПМФС – ГЛС-2 при концентрації 30 мас.% і температурі поверхні 366 К питома потужність складає 0,3 Вт/см².

Таким чином, за рахунок введення ТРГ і його кращого розподілу в наповненому покритті, покращуються теплопровідні властивості останнього. Це сприяє кращій передачі теплоенергії від частинок матеріалу до поверхні і покращує відвід тепла за рахунок чого температура поверхні покриття з ТРГ нижче в порівнянні з покриттям без ТРГ. Так для систем ПМФС – ГЛС-2 при концентрації 30 мас.% і питомій потужності 0,4 Вт/см² вона відповідно складає 348 і 428 К. За рахунок введення ТРГ підвищується шорсткість покриття і, як наслідок, збільшення площі поверхні контакту з повітрям, покращуються умови для тепловіддачі конвекцією і тому температура поверхні в цих покриттях нижча. Таким чином введення ТРГ покращує теплообмін між покриттям і навколишнім середовищем.

Список використаних джерел

1. Мельник Л.І. Закономірності формування і застосування термостійких струмопровідних силосанграфітових матеріалів / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидат технічних наук. К.: Політехніка. – 2009. – 36 с.
2. Вивчення фізико-механічних властивостей покриттів на основі системи ПОС - графіт / Шляєва О.Л., Свідерський В.А., Мельник Л.І. // Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск „Хімія, хімічна технологія та екологія”. – Харків: НТУ „ХПІ”. – 2004. - №32. – С. 59-63.
3. Струмопровідні композиції на основі поліорганосилоксанів / Свідерський В.А., Мельник Л.І., Лавриненко С.В. // Хімічна промисловість України. - 2002. - № 1. – С. 22-24.

МАЛАЩУК Н.С., РОМАНЧУК Б.В., КОЛОСОВ О.Є., д.т.н., професор

Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

МОДИФІКАЦІЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Представлено технологічну схему виробництва уніфікованої тари.

Представлена технологическая схема производства унифицированной тары.

Presented by technological scheme of unified packaging production.

Ключові слова: полімер, зв'язуюче, препрег, базальтове волокно.

Для отримання більш міцної тари з пластика використовують метод просочування листової заготовки армуючим матеріалом [1]. У промисловості використовуються різноманітні армуючі матеріали, серед яких одним з найпоширеніших наповнювачів полімерного зв'язуючого являється базальтове волокно [2].

Виготовлені листи базальта просочуються препрегом та надалі використовуються у виробництві уніфікованої тари (рис.).

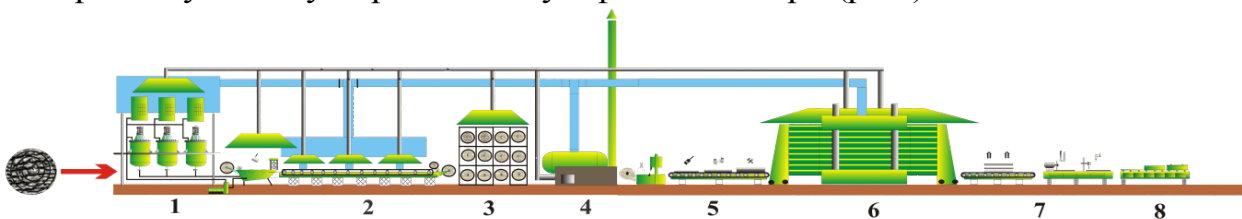


Рис. Технологічна схема виробництва уніфікованої тари:

- 1 – ділянка приготування зв'язуючого; 2 – ділянка просочення армуючого атеріалу;
- 3 – ділянка для зберігання напівфабрикату (препрегу); 4 – ділянка утилізації розчинника; 5 – ділянка підготовки препрега; 6 – ділянка пресування деталей;
- 7 – ділянка механічної обробки; 8 – ділянка збирання та покраски тари.

В промисловості, нанесення препрегу дозволяє зменшити кількість слоїв упаковки, зробити її більш тонкою, причому характеристики цієї упаковки не погіршуються.

Список використаних джерел

1. Цыплаков О. Г. Научные основы технологии композиционно-волокнистых материалов. Ч.1 / Цыплаков О. Г. — Пермь, 1974. — 317с.
2. Колосов О. Є., Кудряченко В. В., Сівецький В. І. Інноваційна склобазальтопластикова тара для пакування, зберігання та транспортування боєприпасів. Вісник НТУУ «КПІ», серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». Збірник наукових праць № 2 (13) – 2014.

СТАДНИЦЬКА О.М.¹, ПАЩЕНКО Є.О.², д.т.н., професор¹Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ²ІНМ НАНУ ім. В.Н. Бакуля, м. Київ

ЗВ'ЯЗОК МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДИФІКОВАНИХ ЕПОКСИДНИХ ПОЛІМЕРІВ З ВМІСТОМ МЕТАЛОКОМПЛЕКСНИХ ФРАГМЕНТІВ

В роботі розглянуто вплив вмісту тетраамінних металокомплексних фрагментів в модифікованих епоксидних полімерах на їх механічні характеристики, а саме модуль пружності й мікротвердість. Були зроблені висновки щодо використання даних епоксидних зв'язуючих в полірувальних й антифрикційних композитах.

В работе рассмотрено влияние тетрааминовых металлокомплексных фрагментов в модифицированных эпоксидных полимерах на их механические характеристики, а именно модуль упругости и микротвердость. Были сделаны выводы относительно использования данных эпоксидных связующих в полирувальных и антифрикционных композитах.

In this paper, examined the influence of tetraamine metal complex fragments of modified epoxy polymers in their mechanical properties, namely modulus of elasticity and microhardness. Conclusions regarding the use of these epoxy resins in polishing and anti-friction composites.

Проведення полімеризації в умовах закритичного тиску при не дуже високій температурі дозволяє отримати зразки, в яких вихідна структура тетраамінного металокомплексного фрагменту (далі фрагмент А) зберігається практично повністю. Подібні зразки відрізняються високим рівнем внутрішніх напружень і є механічно нестабільними, але деякі їх фізико-механічні й фізичні характеристики можуть бути змінені.

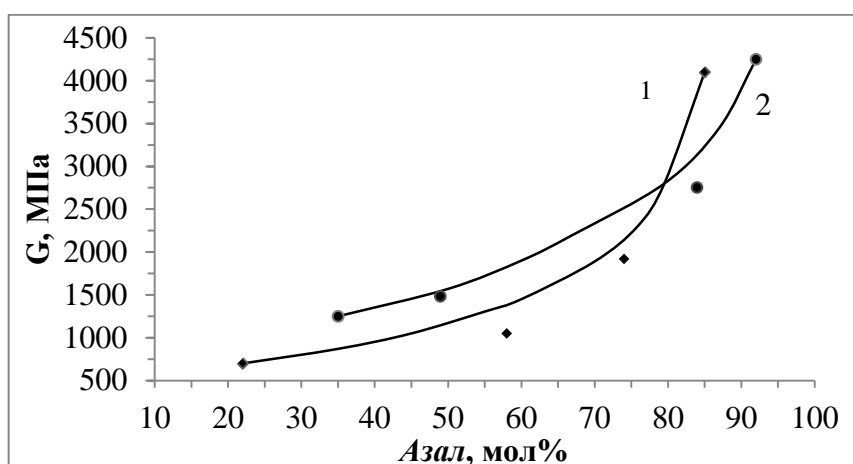


Рис. Залежність модуля пружності полімерних зв'язуючих, що затверділи від залишкового вмісту тетраамінних металокомплексних фрагментів (A_{zal}): 1 - полімер, модифікований комплексом Ni^{2+} ; 2 - полімер, модифікований комплексом Cu^{2+} .

Зокрема була вивчена залежність модуля пружності модифікованих епоксидних полімерів від залишкового вмісту фрагментів, які мають структуру передбаченого тетраамінного комплексу (див. рис.). Отримані результати свідчать про різке збільшення жорсткості матеріалів зі зростанням вмісту фрагментів *A*, що збереглися. Крім того, висока концентрація цих фрагментів в полімері обумовлює його підвищену мікротвердість (табл.).

Таблиця – Фізико-механічні характеристики зв'язуючого

Тип полімеру	Модуль пружності, ГПа	Мікротвердість, ГПа
З тетраамінними металокомплексними фрагментами	3,24-4,65	1,32-1,79
З хелатними металокомплексними фрагментами	1,35-1,85	0,96-1,14
Немодифікований	1,66-2,96	1,07-1,30

Значення жорсткості, отримані для композицій, що затверділи при закритичних тисках та високих температурах, дуже високі для цих полімерів. Тим не менш, безпосереднє використання модифікованих епоксидних зв'язуючих, затверділих при вище згаданих технологічних параметрах, недоцільно. Високий рівень внутрішніх напружень в більш чи менш масивних зразках робить їх непридатними для використання в абразивних та антифрикційних матеріалах. Значна напруженість структури робить їх схильними до втомного руйнування та до розтріскування під дією знакозмінних навантажень. При цьому, як свідчать накопичені спостереження, механічна нестабільність отриманих аномально жорстких зразків значно зменшується при зменшенні їх розмірів. Отже, можна вважати перспективною розробку полірувальних й антифрикційних композитів, в яких затверділий епоксидний полімер з високою часткою залишкової структури *A* був присутній у вигляді тонкої поверхневої плівки з високим рівнем фізико-механічних характеристик.

Список використаних джерел

1. *Барамбойм Н.К.* Механохимия высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1978 – 384с.
2. *Raman N., Pitchaikani Raja Y., Kulandaisamy A.* Synthesis and characterization of Cu(II), Ni(II), Zn (II) and VO(II) Schiff base complexes derived from o-phenylenediamine and acetoacetanilide // Proc. Indian Academy of Science (Chem. Sci.). – June 2001. – Vol.113, No.3. – P.183-189
3. Релаксационные переходы в эпоксидных полимерах /Г.М. Бартнев, Н.И. Шут, В.П. Дущенко, Т.Г. Сичкарь //Высокомолекулярные соединения. – 1986. – т.А28, №3. – с. 627-633

БАРБАШ В.А. к.х.н., доцент, ШНИРУК О.М.,
ЯЩЕНКО О.В., КОВАЛЬЧУК В.О.

Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

ОТРИМАННЯ НАНОЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ СТЕБЕЛ ПШЕНИЧНОЇ СОЛОМИ

Досліджено різні стадії отримання наноцелюлози зі стебел пшеничної соломи. Встановлено вплив технологічних параметрів (концентрація кислоти, температура, тривалість гідролізу та ультразвукової обробки) на показники солом'яної наноцелюлози.

Исследовано разные стадии получения наноцеллюлозы из стебель пшеничной соломы. Установлено влияние технологических параметров (концентрация кислоты, температура, продолжительность гидролиза и ультразвуковой обработки) на показатели соломенной наноцеллюлозы.

Different stages of obtaining nanocellulose from the wheat straw stems were researched. The impact of technological conditions (acid concentration, temperature, duration of hydrolysis and ultrasonic treatment) on the properties of straw nanocellulose was investigated.

Ключові слова: наноцелюлоза, полімерний композит, пшенична солома, сульфатна кислота, гідроліз.

Останнім часом активно проводяться дослідження, присвячені одержанню високоякісних полімерних композитів із відновлювальних ресурсів. Зокрема, це стосується виробництва полімерних композитів із целюлозних волокон. Природні волокна целюлози характеризуються низькими щільністю і вартістю, гарними механічними властивостями, що роблять їх альтернативою синтетичним волокнам [1]. Шляхом використання різних методів обробки (механічною, хімічною, біологічною) із рослинної сировини отримують наноцелюлозу, яка як зміцнююча добавка застосовується у виробництві композиційних матеріалів[2]. Для отримання наноцелюлози використовується деревина так і не деревна рослинна сировина, зокрема стебла злакових і технічних культури.

В роботі досліджено різні стадії обробки пшеничної соломи. Відібрані стебла пшеничної соломи механічно подрібнювали до розмірів довжиною 1мм та екстрагували 5 % розчином NaOH для зменшення вмісту екстрактивних та мінеральних речовин у сировині. На другій стадії обробки, проводили варіння целюлози сумішшю льодяної оцтової кислоти та пероксиду водню 70 : 30 протягом 150 хв. Отримана целюлоза мала залишковий вміст лігніну 0,16 %, мінеральних речовин – 0,12 % та ступінь полімеризації 202.

На третій стадії для отримання наноцелюлози проведено процес гідролізу солом'яної целюлози розчином сульфатної кислоти концентрацією від 40 до 65 % за температури від 18 до 60 °С, тривалістю від 10 до 45 хв. Відмивання суспензії наноцелюлози від залишків кислоти проводили трьохразовим

центрифугуванням зі швидкістю 8000 об/хв. та подальшим електродіалізом до досягнення нейтрального рН. Наноцелюлозну суспензію для досягнення однорідності обробляли ультразвуком від 15 до 60 хв. На рисунку наведено суспензії наноцелюлози до (1) та після (2) ультразвукової обробки 30 хв, отриманої гідролізом сульфатної кислоти концентрацією 60% за температури 45 °С, тривалістю 30 хв.

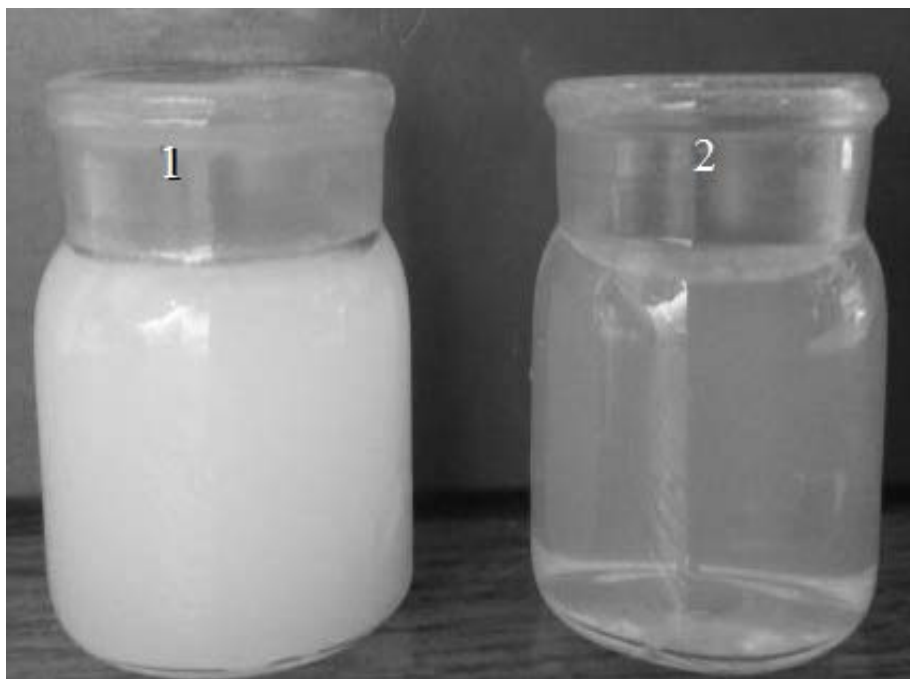


Рис. Суспензії наноцелюлози до (1) та після (2) УЗ обробки

Встановлено, що дією сульфатної кислоти концентрацією 40 – 45 % тривалістю гідролізу 30 – 60 хв. можливо отримати наноцелюлозні плівки з прозорістю до 50 %, а гідролізом сульфатною кислотою концентрацією 55 – 65 % – плівки з прозорістю до 80 %.

Одержана солом'яна наноцелюлоза може використовуватися як добавка в процесах виробництва композиційних матеріалів.

Список використаних джерел

1. *Kakroodi A. R., Cheng S., Sain M., Asiri A.* Mechanical, thermal, and morphological properties of nanocomposites based on polyvinyl alcohol and cellulose nanofiber from aloe vera rind // *Journal of Nanomaterials*. – 2014. - P. 1 – 7.

2. *Wernersson F., Gregersen W., Suverud K.* Cellulose nanofibrils: challenges and possibilities as a paper additive or coating material – a review // *Nordic Pulp and Paper Research Journal*. – 2014. – 29. N1. – P. 156 – 166.

КАРЄВ А.І., ДАНЧЕНКО Ю.М., к.т.н., доцент

Харківський національний університет будівництва та архітектури,
м. Харків

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ

Проаналізовано перспективи розробки нових деревно-полімерних композитів (ДПК) з використанням відходів рослинного походження. На основі експериментальних випробувань встановлено, що композити на основі вторинного поліпропілену та целюлозовмісних наповнювачів характеризуються високими фізико-механічними характеристиками.

Проанализированы перспективы разработки новых древесно-полимерных композитов (ДПК) с использованием отходов растительного происхождения. На основе экспериментальных испытаний установлено, что композиты на основе вторичного полипропилена и целлюлозосодержащих наполнителей характеризуются высокими физико-механическими характеристиками.

The prospects of the development of new wood-plastic composites (WPC) using vegetable waste. Based on experimental tests, that composites based on recycled polypropylene and cellulosic fillers are characterized by high physical-mechanical characteristics.

Ключові слова: ДПК, рослинні відходи, вторинний поліпропілен

Одним з основних завдань сьогодення є зниження негативного впливу життєдіяльності людини на навколишнє середовище і перехід до використання поновлюваних джерел енергії. Тому розробка композиційних матеріалів на основі целюлозовмісних рослинних відходів та зв'язуючих з вторинних поліолефінів є актуальною та своєчасною. Ці системи, які отримали в літературі назву деревно-полімерні композити (ДПК), викликають науковий інтерес завдяки унікальним властивостям. Це одні з найбільш перспективних сучасних матеріалів, які відрізняються економічністю і екологічністю виробництва, технологічністю переробки, високими експлуатаційними характеристиками і широким діапазоном застосувань. В залежності від співвідношення компонентів можна отримувати матеріали з заданими технологічними та експлуатаційними властивостями, що дає можливість використовувати матеріал практично у всіх галузях виробництва.

Причинами активного розвитку ДПК є:

- широка доступність сировини;
- економічно обґрунтоване співвідношення цінових і якісних показників;
- можливість використання високопродуктивних методів переробки - екструзії, лиття під тиском і пресування;
- екологічні переваги у виробництві і застосуванні;

- довговічність виробів, низькі витрати на монтажні роботи і експлуатацію (очищення, ремонт).

Напрямок по розробці нових ДПК успішно розвивається на стику інтересів виробництва і переробки пластичних мас, деревообробки та екологічних проблем утилізації промислових, сільськогосподарських і міських відходів. Застосування виробів з ДПК можливо у різноманітних областях будівництва, промисловості і сільського господарства, на транспорті та у виробництві товарів народного споживання.

В результаті досліджень, розроблено композиційні матеріали на основі вторинного поліпропілену та органічних наповнювачів - відходів біомаси рослинного походження з високими фізико-механічними показниками. В якості наповнювачів використовувались відходи сільськогосподарських культур – лущиння гречки та вівса, а для порівняння відходи деревообробки – деревне борошно та борошно хвої. Результати випробувань розроблених композиційних матеріалів наведено у таблиці.

Таблиця - Фізико-механічні характеристики композиційних матеріалів

Наповнювач		Кількість дисперсного органічного наповнювача в композиції, %		
		40 %	60 %	80 %
Гречане лущиння	a_k , кДж/м ²	12,8	16,5	2,5
	σ_B , МПа	11,9	35,0	3,7
Вівсяне лущиння	a_k , кДж/м ²	13,7	17,1	2,8
	σ_B , МПа	19,7	24,2	4,3
Деревинне борошно	a_k , кДж/м ²	6	7,92	4,01
	σ_B , МПа	22,7	29	2,7
Борошно хвої	a_k , кДж/м ²	25,03	34,5	31
	σ_B , МПа	20,12	17,3	13,6

a_k , σ_B – ударна в'язкість та руйнівна напруга при статичному вигині відповідно.

Визначено, що показники мають екстремальний характер з максимумом в точці наповнення 60 мас. % для всіх наповнювачів. Найвище значення ударної в'язкості 34,5 кДж/м² показали композити з борошном хвої, найвище отримане значення руйнівної напруги при статичному вигині 35 МПа відповідає композиту з наповнювачем лущинням гречки.

Таким чином можна стверджувати, що на ряду з наповнювачами деревного походження (борошно хвої, деревне борошно) доцільно використовувати й відходи рослинної біомаси не деревного походження, які в достатку є в Україні (лущиння гречки, вівса).

СІВОЛАПОВ П.В., МИРОНЮК О.В., к.т.н., СІКОРСЬКИЙ О.О.

Національний Технічний Університет України «КПІ», м. Київ

ВПЛИВ АПРЕТУЮЧИХ ДОБАВОК НА ГІДРОФОБНІ ВЛАСТИВОСТІ КАОЛІНУ

Були приготовані композиції модифікованого кремнійорганічними емульсіями каоліну. Проведені випробування на волопоглинання композицій. Результати роботи рекомендується використовувати при розробці наповнених водостійких композицій.

Были приготовлены композиции модифицированного кремнийорганическими эмульсиями каолина. Проведены испытания на влагопоглощение композиций. Результаты работы рекомендуется применять при разработке наполненных водостойких композиций.

Compositions of kaolinite modified by silicone emulsions were made. Tests of moisture absorption were carried. Results of the study are proposed to be used in development of filled hydrophobic compositions.

Ключові слова: каолін, гідрофобність, апретування, кремнійорганічні емульсії.

В технології композиційних матеріалів широкого застосування набули мінеральні шаруваті наповнювачі, до яких відноситься каолін. Його часто використовують в косметичній промисловості, у виробництві паперу, для регулювання в'язкості водних глинистих систем [1]. Для покращення сумісності каоліну з полімерною матрицею композиції, а також для підвищення водостійкості готових матеріалів наповнювачу надають гідрофобних властивостей шляхом фізичної або хімічної модифікації. Одним з відомих методів хімічної модифікації є апретування – використання функціональних добавок, які здатні хімічно взаємодіяти з твердою поверхнею порошку, і в той же час споріднені з полімерною фазою [2].

Метою даної роботи є дослідження впливу апретуючих добавок на гідрофобні властивості каоліну.

В якості апретуючих добавок були використані кремнійорганічні емульсії марок 1107, 495, 87 німецького виробництва (DowCorning). Для модифікації використовувався каолін марки КС-1 Просянського родовища України.

Обробка порошку апретами здійснювалася наступним чином. Були приготовані розчини кремнійорганічних емульсій поліметилгідридсилоксану 1107, полідиметилсилоксану 495 і силану 87 оптимальних концентрацій, які становлять відповідно 0,2%, 5%, 2% в перерахунку на масу порошку, відваженого для модифікації. До приготованих розчинів додавалася наважка каоліну, суміш перемішувалася до однорідного стану і витримувалася в сушильній шафі за температури 110-120°C. Були приготовані композиції на основі епоксидної смоли ЕРІЛОХ 520 з використанням висушених зразків

модифікованого порошку в якості наповнювача і проведені випробування на вологопоглинання отриманих композицій шляхом витримання їх в ексикаторі з вологістю повітря 100% протягом 24 год. Величина вологопоглинання (X) розраховувалася за формулою (1).

$$X = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

де, m_1 – маса зразка, г; m_2 – маса зразка після витримання в ексикаторі, г. Результати випробувань наведені в таблиці.

Таблиця – Вологопоглинання композицій, мас. %.

Величина	Назва композиції				
	ЕРІЛОХ 520	КС-1 Просяньський	КС-1 мод. 87	КС-1 мод. 495	КС-1 мод. 1107
m_1 , г	0,1615	0,2561	0,2268	0,3446	0,2988
m_2 , г	0,1663	0,2617	0,2443	0,3508	0,3025
X, %	2,97	2,18	7,71	1,79	1,23

Як видно з наведених в таблиці даних найменшим вологопоглинанням володіють композиції наповнені каоліном, обробленим силосановими емульсіями 1107 і 495, в той час, як 87 емульсія, що являється сполукою на основі силану, показала найбільше значення адсорбованої води з повітря. Більш вираженими гідрофобними властивостями володіє каолін, модифікований добавкою 1107, в порівнянні з добавкою 495. Очевидно, ключову роль тут зіграла хімічна природа замісників силосанового ланцюга. Якщо в складі силосанового ланцюга емульсії 495 атом кремнію сполучений з 2 метильними радикалами, то у випадку добавки 1107, один з них заміщений більш активним і рухливим атомом водню, що обумовлює більший ступінь сшивання апрету з наповнювачем.

Отже, апретування каоліну силосановою емульсією з правильно підібраними замісниками основного ланцюга дає змогу підвищити гідрофобні властивості порошку майже у 2 рази.

Список використаних джерел

1. Свідерський, В. А. Застосування модифікованого каоліну для регулювання властивостей водних дисперсних систем [Текст] / В. А. Свідерський, В. Г. Сальник, Л. П. Черняк // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2010. — № 3. — С. 133–138.
2. Симонов-Емельянов И.Д. Основы создания композиционных материалов: Учебное пособие / И.Д. Симонов-Емельянов, В.Н. Кулезнев // М.: МИХМ. – 1986. – 86с.

СТРАХОВ О.А., МИРОНЮК О.В., к.т.н.

Національний Технічний Університет України «КПІ», м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОФОБІЗАТОРІВ ПРИ ОБОРОБЦІ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

Проведено оцінку ефективності модифікації поверхні волокнистих матеріалів гідрофобізуючими агентами. Проведені виміри кута змочування. Результати роботи рекомендується використовувати при розробці гідрофобних волокнистих матеріалів.

Проведена оценка эффективности модификации поверхности волокнистых материалов различными гидрофобизирующими агентами. Проведены измерения угла смачивания. Результаты работы рекомендуется применять при разработке гидрофобных волокнистых материалов.

The assessment of the modification effectiveness by different hydrophobizing agents was conducted. The contact angle values were measured. Results of the study are proposed to be used in developing hydrophobic fiber materials.

Ключові слова: гідрофобізатор, гідрофобність, волокно.

Сфера використання супергідрофобних покриттів постійно збільшується, якщо раніше це були покриття для захисту електроприладів та провідників в умовах високої вологості та мікросита для розділення водних і масляних фаз, то зараз набувають популярності технології запобігання старінню та забрудненню волокнистих матеріалів [1]. Мова йде про використання ефекту самоочищення поверхні, який досягається за рахунок того, що при контакті з супергідрофобним покриттям крапля води приймає форму, близьку до форми кулі, і при невеликому нахилі матеріалу по відношенню до горизонту крапля скочується з поверхні, захоплюючи при русі всі забруднення.

Метою даної роботи є дослідження впливу гідрофобізаторів на кут змочування волокнистих матеріалів.

Були використані гідрофобізатори ГКЖ11кМВ, КО-923, DNG REPEL COAT та DNG REPEL LINK. Для модифікації були використані друкарський папір, ватман, калька, бавовна, тканина мікрофібра.

Обробка волокнистих матеріалів гідрофобізаторами здійснювалася наступним чином. Були приготовані розчини гідрофобізаторів ГКЖ11кМВ, КО-923, DNG REPEL COAT та DNG REPEL LINK оптимальних концентрацій, які становлять відповідно 0,5%, 15%, 10%, 5%. Були приготовані зразки волокнистих матеріалів шляхом просочування їх у розчинах гідрофобізаторів, та подальша їх сушка в сушильній шафі за температури 120°C для випаровування розчинника. Визначення кута змочування матеріалів відбувалося за методом [2]. Результати випробувань наведені в таблиці.

Таблиця – Значення кутів змочування модифікованих волокнистих матеріалів

Кути змочування матеріалів	До обробки	Обробка ГКЖ 11к МВ	Обробка КО-923	Обробка DNG REPEL COAT	Обробка DNG REPEL LINK
Папір	39	115	101	116	105
Ватман	40	111	106	119	108
Калька	41	115	106	130	103
Бавовна	57	116	103	131	110
Синтетика	45	117	95	118	110
Мікрофібра	41	128	112	138	113

Виявилося що усі використані гідрофобізатори є універсальними для волокнистих матеріалів. В середньому кут змочування збільшився в 2-3 рази. Слід зауважити, що тканина мікрофібра має найбільший кут змочування, що можна пояснити відмінністю структури її волокон від структур інших обраних матеріалів. Крім того при використанні гідрофобізатора КО-923 кути змочування мають найменші значення в порівнянні з іншими рідинами. Причиною цьому може бути використання гексану в якості розчинника КО-923 в той час як інші речовини представлені у вигляді водних розчинів. Так як гексан більш летючий, ніж вода, то при його випаровуванні не встигала утворюватися повноцінна структура гідрофобного покриття.

Отже, всі гідрофобізатори приблизно однаково збільшують кути змочування волокнистих матеріалів.

Список використаних джерел

1. *Бойнович Л.Б.* Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение / Л.Б. Бойнович, А.М. Емельяненко // Российская академия наук, институт органической химии им. Н.Д. Зелинского: Успехи химии. – 2008. - № 77(7). – с.619 – 638.

2. ISO 00001-3, Paints and varnishes – Wettability – Part 3: Determination of the surface tension of liquids using the pendant drop method

¹RUDENKO I.V., ¹LEBEDYCH V.S., ¹MYRONYUK O.V., PhD,
¹SIKORSKY O.O., ²SAJANYAN A., Prof.

¹National Technical University of Ukraine "KPI", Ukraine

²Texas Technology University, USA

DETERMINATION OF POLYMER SURFACE ENERGY

Проведено співставлення точності методів визначення поверхневої енергії: сидячої краплі та пластини Вільгельмі. Показано, що результати одержані за цими методами є еквівалентними, а отже методи можуть використовуватися в комплексі при дослідженні властивостей полімерних виробів.

Проведено сопоставление точности методов определения поверхностной энергии: сидячей капли и пластины Вильгельми. Показано, что результаты полученные этими методами являются эквивалентными, а следовательно методы могут использоваться в комплексе при исследовании свойств полимерных изделий.

A comparison of the accuracy of determining the surface energy method: sessile drop and Wilhelmy plate techniques. It is shown that the results obtained by these methods are equivalent, and therefore can be used in methods for the determination of polymer product surface properties.

Ключові слова: метод сидячої краплі, пластина Вільгельмі, поверхнева енергія

Determination of surface energy of polymer materials - an urgent task in coating technology and polymer products, which were obtained from the melts technology. In recent years, related areas - such as the technology of polymer fibers as well as all compounds widely used values of the surface energy of the processed materials for the development of the finished product properties.

The basic method of establishing surface energy is the so-called sessile drop technique [1], which deals with the determination of contact angles of test liquid droplets with different surface tension and the subsequent determination of the surface energy according to one of the relevant theories. Most useful for middle-polar surfaces theory is the theory of Owens-Wendt, which deem the surface tension as a two-component value, consisting of the dispersion and polar components.

Sessile drop method, although it is accurate enough can not be used for determining the contact angles of test liquids on samples of unsuitable form, namely those where the surface is not perfectly flat or surface area - is insufficient. In such cases, we propose to use the Wilhelmy plate method [2, 3], which is not limited by the geometry of the specimen surface. This method can be used successfully for the surface energy determination of polymer fibers, flakes, granules of compounds [4, 5].

In this paper, we are comparing the accuracy of the surface energy determination by conventional method of sessile drop and by Wilhelmy plate method.

Objects of the study: prepared films of polyethylene terephthalate (PET), oriented polyethylene terephthalate (for PET) and polyethylene (PE).

To determine the contact angle were used such test liquids: cyclohexane, benzyl alcohol and water. The contact angle by sessile drop technique was determined with the help of angle measuring equipment ScopeTec DCM 510 and Wilhelmy method is implemented on the Axis 520 S. precision balance.

Comparison of the results of research (Table) indicates a substantially complete coincidence of surface energy values for the two methods, the existing differences - within experimental error.

Table - The value of free surface energy of specimens, mN/m

Sample	σ	σ_d	σ_p
Wilhelmy plate technique			
PET	41,2	24,2	17,0
oPET	31,2	27,6	3,7
PE	35,1	24,2	10,9
Sessile drop technique			
PET	41,6	24,2	17,4
oPET	31,5	27,9	3,6
PE	35,7	24,8	10,9

Noteworthy is also the fact of distribution of the surface energy of polymers - oriented polyethylene terephthalate is even more non-polar than polyethylene.

Thus, it was found that the methods of sessile drop and Wilhelmy plate give equivalent results in the study of the properties of the surface of the medium and low polar polymer materials. And may be used interchangeably. A limitation of the sessile drop method is the geometry of the sample, whereas the method Wilhelmy is limited by the contact angle value of the test liquid – it have to be less than 90 °.

References:

1. *K.L. Mittal* Contact angle, wettability and adhesion. – BRILL, 2009. – 397 p.
2. *F.Garbassi*, M. Morra, E.Occhiello Polymer surfaces from physics to technology. – Wiley, 1994. – 462 p.
3. *De Gennes*, P.G. (1985). Wetting—statics and dynamics. Rev Mod Phys., 57(3), 827–863.
4. *Bormashenko, E.*, Y. Bormashenko, G. Whyman, R. Pogreb, A. Musin, R. Jager, Z. Barkay. (2008). Contact Angle Hysteresis on Polymer Substrates Established with Various Experimental Techniques, Its Interpretation, and Quantitative Characterization. Langmuir, 24, 4020–4025.
5. *S. Herminghaus*. (2012). Wetting, spreading, and adsorption on randomly rough surfaces. Eur. Phys. J. E., 35– 43

ЛІСНІЧУК І.Л., ЮРЧЕНКО А.В., ШНИРУК О.М.,
МЕЛЬНИК Л.І. к.т.н.

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

ЗАЛЕЖНІСТЬ КУТА ЗМОЧУВАННЯ ПЕВТ-КОМПОЗИЦІЇ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ КРЕЙДОВОЇ ДОБАВКИ

Досліджено вплив наповнення ПЕВТ крейдовою добавкою на гідрофільність одержуваної композиції. Встановлено графічну залежність крайового кута змочування від масової частки крейди в композиції.

Исследовано влияние наполнения ПЭВД меловой добавкой на гидрофильность получаемой композиции. Установлено графическую зависимость краевого угла смачивания от массовой доли мела в композиции.

The effect of filling LDPE obtained chalk on a hydrophilic composition. The dependence of the contact angle of wetting of the mass fraction of chalk in the composition.

Ключові слова: крайовий кут змочування, крейдова добавка, ПЕВТ-композиція.

Одержання наповненого полімеру передбачає умови, при котрих поверхня твердих часток виявляється змоченою розплавом полімеру. Ці умови включають змішування при температурах вище температури склування або плавлення полімеру. В цих умовах обов'язковим актом є адсорбція макромолекул на твердій поверхні з утворенням адгезійного зв'язку полімер – наповнювач.

Внаслідок довголанцюгової природи і гнучкості макромолекули можуть адсорбуватися на поверхні достатньо протяжними ділянками, котрі включають десятки ланок, які повторюються. Деякі макромолекули адсорбуються декількома ділянками різної довжини, достатньо віддаленими одна від одної [1]. Внаслідок великої площі контакту сумарна енергія адсорбції такої макромолекули може виявитися високою, котра може перевищувати енергію одиничного хімічного зв'язку – С – С – .

Проводилось дослідження залежності впливу крейдового наповнення поліетилену високого тиску (ПЕВТ) на величину крайового кута змочування поверхні водою. Використовувались ПЕВТ марки 15813-0204 , крейда марким ММ1 Заруцького вапняного заводу, стеаринова кислота (3%, зменшення гідрофільності крейди). Крейда вводилась в ПЕВТ при екструзійному виготовленні трубки діаметром 16 мм в кількостях 2.5; 5; 7.5 та 10 мас. %.

Зразки одержували розрізанням трубок вздовж осі на дві половини, розігріванням їх ІЧ-нагрівачем до початку плавлення та пресуванням між двома полірованими пластинами з фторопласту з зусиллям 210N. Вимірювання

проводилося на двокоординатному ДИП-6-4, знімалися значення кута θ , котрий доповнює крайовий кут змочування φ , методом “лежачої” каплі (рис. 1).

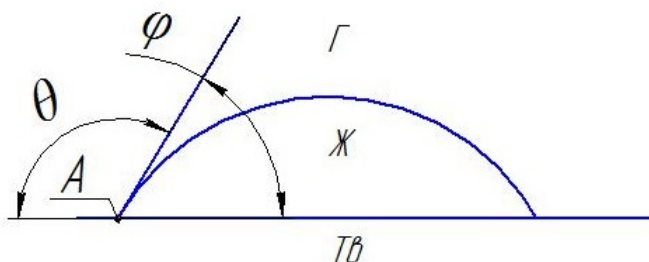


Рис. 1. Схема визначення крайового кута змочування методом “лежачої” каплі

Для кожного зразка проводились вимірювання по трьох каплях, зі зніманням трьох значень кута з кожної. Результати вимірів представлені на рис.2.

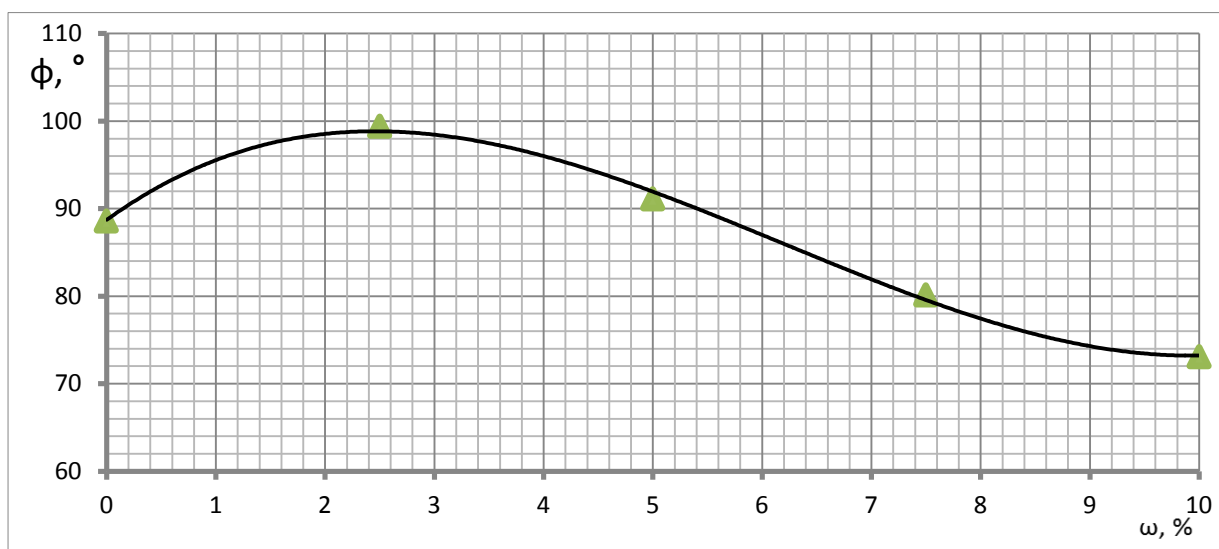


Рис. 2. Залежність крайового кута змочування поверхні від вмісту крейди: φ – крайовий кут змочування, °; ω – вміст крейди в композиції, %

З графічної залежності кута змочування від концентрації крейди видно, що при невеликому наповненні (до 2,23%) рівноважний кут змочування зростає, а далі спостерігається його поступове зменшення. Це можливо пояснити зростанням концентрації наповнювача, тобто його поверхні. Відповідно збільшується контакт сегментів макромолекули з частками крейди, тобто зі збільшенням ступеню наповнення збільшується і площа контакту макромолекул з частинками наповнювача.

Список використаних джерел

1. «Фазовые процессы в гетерогенных полимерных системах» под. ред. Е.В. Лебедева, НПП «Издательство “Наукова думка” НАН України» - 2012.- 431 с.

ПИЖОВА К. Д., ЯРЕМЕНКО В.Е., ТАРАСЕНКО Ю.В.

Державне підприємство «Науково-дослідний інститут «Еластик», м. Київ

МОДИФІКАЦІЯ ВТОРИННИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЕРЕВНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ ТА КАОЛІНОМ

Проведено порівняльний аналіз численних експериментальних результатів технологічних процесів одержання полімер-деревних матеріалів з метою використання вторинних полімерів. Вивчено фізико-механічні та адгезійні властивості.

Проведен сравнительный анализ многих экспериментальных результатов технологических процессов получения полимер-деревных материалов с целью использования вторичных полимеров. Изучены физико-механические и адгезионные свойства.

Comparative analysis many of the experimental results the technological process for production of polymer-tree materials for the use of secondary polymers. Physico-mechanical and adhesive properties.

Ключові слова: полімер, деревина, каолін, адгезійні властивості.

Переробка вторинних композиційних матеріалів і одержання на їх основі різних виробів набуває все більшої популярності серед виробників. Такого роду інтерес диктується, перш за все, відносною дешевизною і доступністю вторинної полімерної сировини. На жаль, поки що переробка таких матеріалів в Україні не стимулюється на законодавчому рівні, на відміну від Європейських країн. Проте наша держава рано чи пізно прийде до прийняття законів або директив, спрямованих на стимуляцію переробки відходів композиційних матеріалів і поліпшення екологічної ситуації.

Останнім часом процес витіснення первинних полімерів на виробництвах настільки інтенсифікувався, що тільки в США проводиться більш 1400 найменувань виробів із вторинних пластмас, які раніше проводилися тільки з використанням первинної сировини.

Разом з тим в Україні поки використовується в основному вторинна сировина на основі поліетилену і поліпропілену(СКЕП).

В даний час у вітчизняній і зарубіжній практиці одним з основних технічних рішень використання вторинних полімерів є їх вторинна переробка. Найбільш широке поширення одержали наступні методи переробки :

- подрібнення та використання одержаної крихти в чистому вигляді або як добавку до первинної сировини;
- подрібнення і агломерування, використання агломерату як добавку до первинної сировини;
- подрібнення, пластикацію і гранулювання [1].

Одним з шляхів використання вторинних термопластів, в тому числі змішаних, є створення високонаповнених полімер-деревних матеріалів. Висока жорсткість і міцність деревного наповнювача дозволяє одержувати композиційні матеріали з високими фізико-механічними властивостями. У більшості випадків, з метою поліпшення властивостей полімер-деревних композицій, вводяться різні добавки, як правило, неорганічні [2].

Аналіз численних експериментальних результатів дозволяє виділити два основних технологічних процесу одержання полімер-деревних матеріалів: пресовий і екструзійний. Їх порівняльний аналіз показує, що найбільш перспективним є пресовий. Він простий у виконанні, не потребує створення спеціального устаткування, що забезпечує одержання полімер-деревних матеріалів з високими фізико-механічними показниками, різного профілю і розмірів. Пресовий метод дозволяє використовувати деревний наповнювач різного фракційного складу, а в якості полімерної матриці використовувати як первинні так і термопластичні вторинні полімери, в тому числі їх суміші. Екструзійний метод вимагає високоякісного, в основному первинної полімерної сировини і визначеного фракційного складу деревного наповнювача. Існують і інші методи одержання полімер-деревних матеріалів -екструзійно-пресовий і інтрузійний.

Технологія передбачає одержання полімер-деревного матеріалу в три етапи. На першому етапі проводиться змішування компонентів і гаряче підпресування композиції з метою розплавлення полімеру і створення контакту з деревиною. Температура плит преса, при цьому, становить 433 К, тиск - 20 МПа. На другому етапі проводиться пресування пластику при тиску 40-50 МПа і зниженні температури до 373 К. На третьому етапі проводиться охолодження пресформи з деталлю до температури 313 - 323 К. Загальний цикл пресування складає 45 хв. Фізико-механічні властивості одержаного ПДМ залежать від кількості деревного наповнювача в композиції, а показники водостійкості і розбухання матеріалу залежать від розподілу термопластичного полімеру на поверхні часток наповнювача.

Полімер-деревні композиції на основі етилен-пропіленового каучуку представлені в табл.1. Були виготовлені дослідні зразки полімер-деревних композицій.

Таблиця 1 - Склад дослідних зразків

№ композиції	Склад зразків		Вторинний поліетилен		Деревна мука		Каолін	
	%	г	%	г	%	г	%	г
1	60	12	37	7,4	3	0,6		
2	60	12	35	7	5	1		
3	60	12	30	6	10	2		

Модифікація каоліном полімер-деревної композиції призводить до утворення фізичної просторової структури і викликає суттєві зміни фізико-механічних і адгезійних властивостей (табл. 2)

Таблиця 2 - Середні значення на розривну напругу (σ) і відносне подовження (ϵ_0)

Номер композиції, №	σ , МПа	ϵ_0 , %
1	9,274	88,269
2	9,988	87,113
3	10,311	86,057

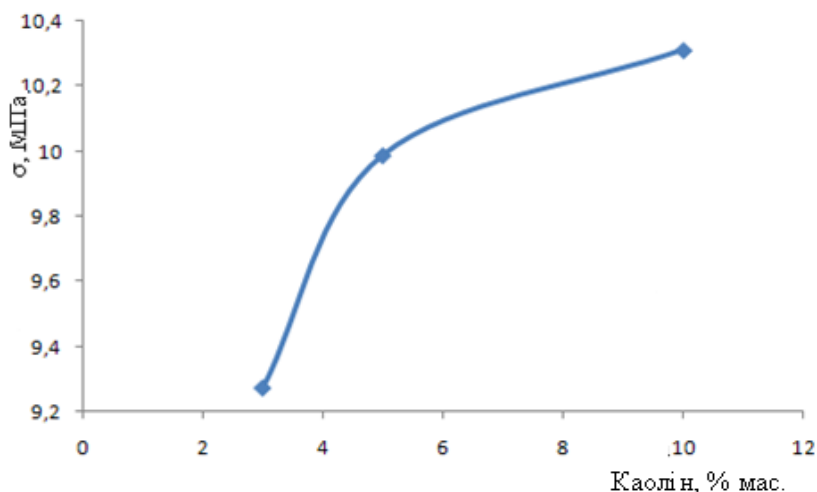


Рис. Вплив добавок каоліну на розривну напругу (σ , МПа) полімер-деревної композиції на основі етилен-пропіленового каучуку

Отже, дана залежність розривної напруги від вмісту каоліну і деревної муки в композиціях на основі етилен-пропіленового каучуку показує (рис.), що введення каоліну в поліетиленову матрицю призводить до істотного підвищення розривної міцності.

Дослідження модифікуючої дії каоліну на властивості зразків на основі етилен-пропіленового каучуку показують, що каолін маючи низьку в'язкість, в першу чергу покриває часточки деревини тонким шаром у процесі гомогенізації композиції і відіграє роль проміжного шару між поверхнею деревини і шаром ВПЕ, що повинно забезпечити підвищення водостійкості і міцності матеріалу [3].

З досліджених властивостей полімер-деревної композиції дослідний зразок №2 має найкращі показники водопоглинання і водонабухання.

Список використаних джерел

1 Мишак В.Д., Мамуня Е.П., Лебедев Е.В., Анненков В.Ф. Перспективы использования отходов термопластичных полимеров для производства поли мер-древесных материалов.// Экспресс-информ., серия – Плиты и фанера. – Вып. 7. – М.: ВНИИЭИлеспром. -1990. –С.8-18.

2 «Разработать технологические режимы получения новых видов полимер-древесных материалов из мелких отходов древесины и синтетических полимеров» - Научный отчет.// Л.: Лесотехническая академия.: инв. № Б.685122.-Л.- 62с.

ІЛЬІНА К.Ю.¹, ТРАЧЕВСЬКИЙ В.В.², к.х.н., доцент, ЖУКОВСЬКА Н.В.¹

¹ Державне підприємство «Науково-дослідний інститут «Еластик»,
м. Київ

² Національний авіаційний університет «НАУ», м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ МОДИФІКОВАНИХ ПОЛІСИЛОКСАНІВ

Кремнійорганічні еластомери завдяки своїм унікальним властивостям знаходять широке застосування в різних областях сучасної техніки. Дослідження останніх років свідчать про перспективність використання наповнених вуглецевих нанотрубок (ВНТ) полімерних композитів, які мають ряд специфічних особливостей, і які можливо використовувати в якості модифікаторів для удосконалення специфічних властивостей полісилоксанів. Розглянута та досліджена композиційна система полісилоксан - ВНТ. Показано, що введення ВНТ і збільшення їх концентрації сприяє збільшенню вмісту кристалічної фази полісилоксану.

Кремнийорганические эластомеры благодаря своим уникальным свойствам находят широкое применение в различных областях современной техники. Исследования последних лет свидетельствуют о перспективности использования наполненных углеродных нанотрубок (УНТ) полимерных композитов, которые имеют ряд специфических особенностей, и которые возможно использовать в качестве модификаторов для усовершенствования специфических свойств полисилоксанов. Рассмотрена и исследована композиционная система полисилоксан - УНТ. Показано, что введение УНТ и увеличение их концентрации способствует увеличению содержания кристаллической фазы полисилоксана.

Silicone elastomers due to their unique properties are widely used in various fields of modern technology. Recent studies indicate the prospects of using CNT-filled polymer composites that have a number of specific features and which may be used as a modifier to improve specific properties of polysiloxane. Considered investigated and analyzed compositional system siloxane - CNT. It is shown that the introduction of carbon nanotubes and increase their concentration increases the content of crystalline phase siloxanes.

Ключові слова: полісилоксани, нановуглецеві матеріали, кристалічна структура, модифікація, метод ДТА, кристалізація.

Різні структурні модифікації вуглецю, що відкриті в другій половині ХХ століття, привернули увагу дослідників своїми незвичайними властивостями. Особливість будови і квантоворозмірних ефектів, що властиво нанорозмірним вуглецевим матеріалам (графен, фулерен, одностінна вуглецева нанотрубка, нанорозмірний алмаз та інше), визначають їх унікальні властивості, які полягають у великій питомій поверхні, високій міцності і електропровідності, можливості ковалентної взаємодії їх поверхні з різноманітними функціональними групами [1]. Перераховані фактори відкривають широкі перспективи використання вуглецевих наноматеріалів для модифікації і

створення нових типів композитів, що володіють рядом унікальних характеристик.

Кремнійорганічні еластомери завдяки своїм унікальним властивостям знаходять широке застосування в різних областях сучасної техніки. Головний ланцюг полісилоксанів складається з чергуючих атомів кисню і кремнію. Основою кремнійорганічних композицій холодного твердіння є низькомолекулярні полімери загальної формули $\text{HO}(\text{RR}'\text{SiO})_n$, де R і R'-органели, які відрізняються від подібних високомолекулярних сполук числом елементарних ланок $\text{RR}'\text{SiO}$ [4].

Дослідження останніх років свідчать про перспективність використання наповнених вуглецевих нанотрубок (ВНТ) полімерних композитів, які мають ряд специфічних особливостей [5]. Одним із напрямків, що найбільш інтенсивно розвивається в технології нанорозмірних матеріалів є розробка та дослідження полісилоксанів (ПС), наповнених нанорозмірними частками, в тому числі ВНТ. ПС найбільш поширені екологічно чисті полімери, які складають досить значний клас кремнійорганіки. В останній час підвищений інтерес викликає можливість регулювання структури та властивостей ПС нанонаповнювачами різної природи і будови, які у свою чергу визначають характер взаємодії між ними і полімером, а також можливість нанокompозитів набуття високих експлуатаційних характеристик [2]. Унікальні механічні, електричні та теплофізичні властивості за достатньо низької вартості багатошарових вуглецевих нанотрубок (БВНТ) привели до збільшення їх використання як наповнювача для великого різноманіття полімерів, і, зокрема, полісилоксанів (ПС) [3].

Багатошарові очищені ВНТ, вводили в полісилоксанові композиції на основі синтетичного низькомолекулярного каучуку СКТН, масова доля яких складала 0,05...5,0% мас.

Структурні особливості та кристалізаційну поведінку нанокompозитів, а також їх залежності від концентрації ВНТ, досліджували методами ДТА, ДТГ і рентгенівської дифракції. Результати аналізу діаграм ДТА зразків, що відрізнялись лише концентрацією наповнювача, наведені в таблиці: температура початку і закінчення процесу плавлення та кристалізації, температурний інтервал вказаних процесів, а також температура екстремуму піка ДТА.

З таблиці видно, що характерні температури процесу плавлення залежать від наявності ВНТ і немонотонно змінюються при збільшенні їх концентрації в композиті. Так, мінімальна температура початку та максимальний температурний інтервал процесу плавлення спостерігається в системі ПС-ВНТ з вмістом 0,5% (мас.) ВНТ і дорівнює 120°C. Обмежена рухливість полімерних ланок, яка може бути зумовлена взаємодією полімеру з поверхнею наповнювача є, очевидно, причиною зростання температур плавлення і кристалізації із збільшенням вмісту ВНТ в полімері.

Для процесу кристалізації зі збільшенням концентрації ВНТ спостерігається монотонне, але нелінійне підвищення характерних температур

в досліджуваному концентраційному інтервалі. При концентрації 0,5% (мас.) ВНТ складає 131°C.

Таблиця – Характеристичні температури процесів плавлення, кристалізації та ступінь кристалічності, визначений для системи ПС-ВНТ із різною концентрацією наповнювача.

№ з/п	Система ПС-ВНТ	Процес плавлення				Процес кристалізації				Ступінь кристалічності, %
		T _{поч.} , °C	T _{мак.} , °C	T _{зак.} , °C	ΔT, °C	T _{поч.} , °C	T _{мак.} , °C	T _{зак.} , °C	ΔT, °C	
1	ПС	143	170	190	47	126	116	106	20	71,0
2	ПС+ 0,05%	143	171	192	49	128	122	107	21	71,8
3	ПС+0,1%	142	171	189	47	130	122	110	20	61,0
4	ПС+0,5%	140	172	190	50	130	120	112	18	63,6
5	ПС+1%	145	170	190	45	134	126	116	18	63,9
6	ПС+3%	144	170	192	48	137	128	116	21	64,6
7	ПС+5%	147	172	188	41	138	131	117	21	68,2

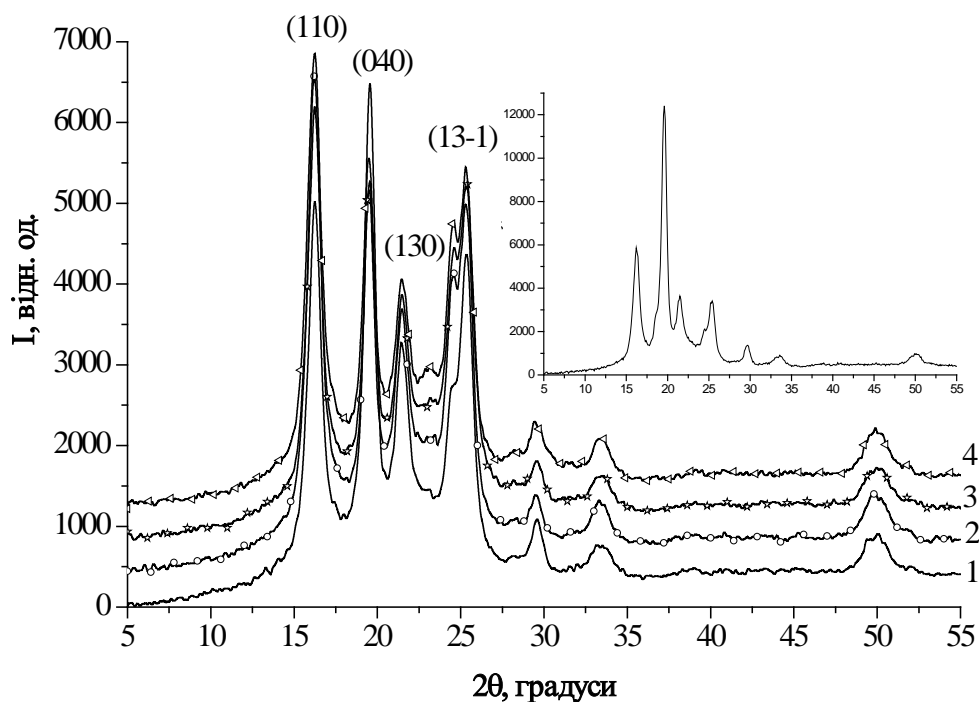


Рис. Рентгенівська дифракція зразків ПС-ВНТ із різною концентрацією ВНТ: 1 – 0,5; 2 – 1,0; 3 – 3,0; 4 – 5,0% (мас.).

На вставці – картина рентгенівської дифракції від ПС ($\lambda_{Co}=0,179$ нм)

На рисунку представлені картини рентгенівської дифракції зразків системи ПС-ВНТ з концентраціями ВНТ 0,5, 1,0, 3,0 и 5,0% мас. Відзначимо, що на рентгенограмі відсутні помітні рефлекси, які відповідали б графітоподібній структурі ВНТ. Загальний вигляд картини рентгенівської дифракції свідчить, що полімер в нанокompозиті, як і вихідний ПС, має типову α -форму кристалів.

Одержані дані якісно можна пояснити наступним чином. Включення ВНТ в полімерну матрицю створює додаткові центри кристалізації, що за мінімальної концентрації сприяє процесу кристалізації, проте при подальшому зростанні вмісту ВНТ, призводить до утворення більшої кількості кристалічних кластерів менших розмірів і збільшення аморфних областей з неупорядкованою молекулярною структурою, про що свідчать електронно-мікроскопічні дослідження [2].

Аналіз отриманих результатів показав, що введення багат шарових вуглецевих нанотубок в матрицю полісилоксанової композиції призводить до зміни параметрів решітки, текстури, розмірів блоків когерентного розсіювання, мікронапруг, підвищення ступеня кристалічності нанокомпозита, а також сприяє підвищенню температури кристалізації в системі ПС-ВНТ. Ці ефекти, очевидно, свідчать про надмолекулярну організацію полімерних молекул в результаті взаємодії полімерної матриці з багат шаровими вуглецевими нанотрубками.

Нановуглецеві матеріали, зокрема ВНТ, мають перспективу широкого застосування в різних галузях техніки вже в найближчому майбутньому. Результати розробок в області синтезу і виробництва ВНТ, а також композиційних матеріалів на їх основі, свідчать про те, що ці матеріали в найближчому майбутньому будуть знаходити все більш широке застосування в різних галузях. Це обумовлено комплексом унікальних характеристик ВНТ. Одношарні ВНТ володіють модулем пружності порядку 1 ТПА і міцністю на розтягування, яка в 100 разів вище, ніж у сталі при співвідношенні щільності 1:6. Це свідчить, про те, що ВНТ є ідеальним наповнювачем для композитів на основі полімерних та інших матриць, особливо якщо врахувати можливість хімічної функціоналізації поверхні ВНТ, особливо багат шарових, без їх розривів і деградації.

Список використаних джерел

1. *Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л.* Кластерные и наноструктурные материалы. Т.1. – К: Академперіодика, 2001. – 589 с.
2. *Inagaki M., Kaneko K., Nishizawa T.* Nanocarbons – recent research in Japan //Carbon.– 2004. – V.42. – P. 1401–1417.
3. *Денисюк И.Ю., Фокина М.И., Бурункова Ю.Э.* Полимеры и нанокомпозиты. – СПб.: СПбГИТМО, 2006. – 124 с.
4. *Долгов О.Н., Воронков М.Г., Гринблат М.П.* «Кремнийорганические жидкие каучуки и материалы на их основе». – Л.: «Химия», 1975. – 112 с.
5. *Сухно И.В., Бузько В.Ю.* Углеродные нанотрубки. Часть 1. – Краснодар.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2006. – 125 с.

ДРЕБЕЗОВА Л.П., ПАСЬКО Н.И., ЯРЕМЕНКО В.Е., ГРЕСЬ С.А.

Державне підприємство «Науково-дослідний інститут «Еластик», м. Київ

ОГНЕСТОЙКИЕ ТЕРМОРАСШИРЯЮЩИЕСЯ ЭЛАСТОМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ

Проведены исследования антипиренов, вспучивающих агентов, наполнителей и других ингредиентов в составе композиционного материала на основе хлоропренового каучука с целью создания терморасширяющихся материалов пониженной горючести. Изучены технологические, физико-механические свойства, огнестойкость резин.

Проведено дослідження антипіренів, вспучуючих агентів, наповнювачів та інших інгредієнтів у складі композиційного матеріалу на основі хлоропренового каучуку з метою створення терморасширяючих матеріалів пониженої горючості. Вивчено технологічні, фізико-механічні властивості, вогнестійкість гум.

Conducted research of flame retardants, expanding agents, fillers and other ingredients in the composition of the composite material on the basis of chloroprene rubber to create a protecting thermal expanding materials low Flammability. Studied technological, physico-mechanical properties, fire retardancy of rubbers.

Ключові слова: антипірен, наполнитель, композиционный материал, горючесть, огнестойкость.

Снижение горючести полимерных материалов – важнейшая задача, от решения которой зависит дальнейшее развитие многих отраслей народного хозяйства.

В настоящее время представляет интерес разработка рецептур терморасширяющегося композиционного материала пониженной горючести, выпускаемого в виде профилей различной конфигурации, которые вспучиваются под действием высоких температур при горении и защищают при пожарах от огня и дыма промышленные предприятия, поверхности и конструкции. Уплотнители предназначены для разных отраслей промышленности, строительства, энергетики, машиностроения [1,2].

При составлении рецептур композиционных материалов пониженной горючести необходимо учитывать следующее:

1. Общее количество добавок должно быть минимальным, что достигается применением веществ, выполняющих несколько функций, одновременно являющимися замедлителями горения, наполнителями, вспучивающими добавками.

2. Компоненты, вводимые в материал, не должны приводить к ухудшению его эксплуатационных характеристик.

3. Композиционные составы должны обеспечивать устойчивость материала к старению в процессе его эксплуатации.

Основной составляющей композиционного терморасширяющегося материала пониженной горючести является полимерная основа, важное значение имеют выбор наполнителей, пластификаторов, а также наличие специальных добавок, обеспечивающих стойкость к старению, горению, вспучиванию под воздействием огня. К таким добавкам относятся антиоксиданты, антипирены, вспучивающие агенты.

Горение большинства полимеров имеет в основном тепловую природу. Поверхностный слой полимера под действием тепла нагревается до температуры, при которой происходит термическое и термоокислительное разложение, газификация полимера.

Процесс горения полимеров усложняется в присутствии замедлителей горения (антипиренов). Антипирены образуют с полимером трудноразделимую смесь, которая при нагревании расслаивается: наблюдается выделение замедлителей горения из материала. Возможно образование твердых растворов или химическое взаимодействие замедлителей горения с полимером. При этом меняются теплофизические свойства и структура материала. В качестве антипиренов в разрабатываемых смесях применяли хлорпарафины.

В качестве терморасширяющего компонента в композиционных материалах использовали окисленный графит, применение которого позволяет получить материалы, которые под воздействием огня вспучиваются, и защищают при пожарах от огня и дыма разные поверхности и конструкции.

Таким образом, в ходе исследовательской работы была разработана огнестойкая терморасширяющаяся композиция, которая вспучивается под действием высокой температуры и защищает во время пожара различные поверхности и конструкции. Композицию наносят на защищаемые поверхности слоем 2-3 мм, затем высушивают при температуре 15-200С в течение 5-8 часов. Применяют композицию в разных отраслях промышленности: энергетической, машиностроительной, в строительстве, на транспорте.

Список использованных источников

1. *Колодов В.И.* Замедлители горения полимерных материалов. М.: Химия, 1980. 274 с.
2. *Асеева Р.М.* Горение полимерных материалов. М.: Наука, 1991. 280 с.

НАЙДА А.М., ПЕТУХОВ А.Д., д.т.н., професор,
СВІДЕРСЬКИЙ В.А., д.т.н., професор

Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРУБ З НПВХ І ПВХ-О

В статті подані результати проведених випробовувань фізико-механічних властивостей труб з НПВХ і ПВХ-О, а саме на опір падаючого вантажу, межу плинності, відносне видовження, зміни довжини труб при нагріві, температури розм'якшення по Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску. Показані переваги труб з ПВХ-О над трубами з НПВХ.

В статье приведены результаты приведённых испытаний физико-механических свойств труб из НПВХ и ПВХ-О, а именно на сопротивление падающего груза, границу текучести, относительное удлинение труб при нагреве, температуры размягчения по Вика, стойкость к дихлорэтану, стойкость к постоянному внутреннему давлению. Показаны преимущества труб из ПВХ-О над трубами из НПВХ.

Tests of physical-mechanical properties of PVC pipes or PVC-O, namely, the load resistance drops, the boundary strength, elongation on heating pipes, Vica temperature, dichloroethane resistance, resistance to constant internal pressure have been done in the limits of the article. Advantages of PVC have been shown.

Ключові слова: полівінілхлорид, труба з ПВХ-О, труба з НПВХ, полівінілхлорид, опір падаючого вантажу, межа текучості, відносне видовження, зміна довжини труб при нагріві, температура розм'якшення по Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску.

Завдяки процесу молекулярної орієнтації непластифікованого полівінілхлориду (НПВХ) нові напірні труби виділяються значною кількістю виняткових особливостей серед інших полімерних труб, призначених для холодного водопостачання [1]. НПВХ за своєю природою – аморфний полімер, Але за певних умов (температурі, швидкості витягування, охолодження труби НПВХ) можливе витягання з глобул сегментів макромолекул та їх орієнтація у напрямку витягування і, відповідно, отримання з орієнтованого НПВХ труб ПВХ-О.

В даний час виготовляються труби згаданих двох типів. Але для виробників недостатньо інформації для порівняння фізико-механічних характеристик і властивостей напірних труб та вихідних матеріалів, з яких труби виготовляються. Такими є: опір падаючого вантажу, межа плинності, відносне видовження, зміна довжини труб при нагріві, температура розм'якшення по Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску.

Методи визначення характеристик і властивостей труб з полівінілхлориду, котрі перераховані раніше, викладені в стандартах [1, 2]. Теоретичні основи з залежностей властивостей і характеристик від вимог до виробів з полівінілхлориду, умов переробки розглянуто в наукових працях Тугова І.І., Костиркіної Г.І. [3], Гузеева В.В. [4], Мінскера К.С., Заикова Г.Є. [5], були використані при проведенні досліджень.

Для проведення експериментальних досліджень брали трубу з НПВХ (зовнішній діаметр $d_e = 90$ мм і товщина стінки $e = 3,5$ мм) і орієнтовану з неї трубу ПВХ-О ($d_e = 110$ мм і $e = 2$ мм).

Визначення опору удару падаючого вантажу. Випробування проводились на 10-ти відрізках довжиною (200 ± 2) мм для кожної серії ударів: 25, 32, 39, 48, 52, 56, 64, 66, 72, 80. Схематично графік опору удару падаючого вантажу зображений на рис. 1.

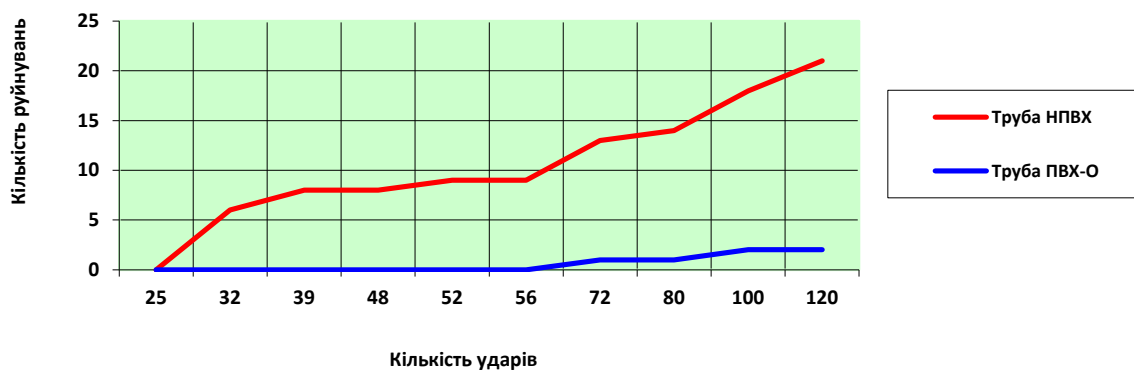


Рис. 1. Графік руйнувань труб з НПВХ і ПВХ-О в аналізі на опір удару падаючого вантажу

Визначення відносного подовження труб при розриві і межі текучості при розтягу. При випробовуваннях використовували розривну машину GT-AI7000-M. Результати випробовування наведені на графіку рис.2.

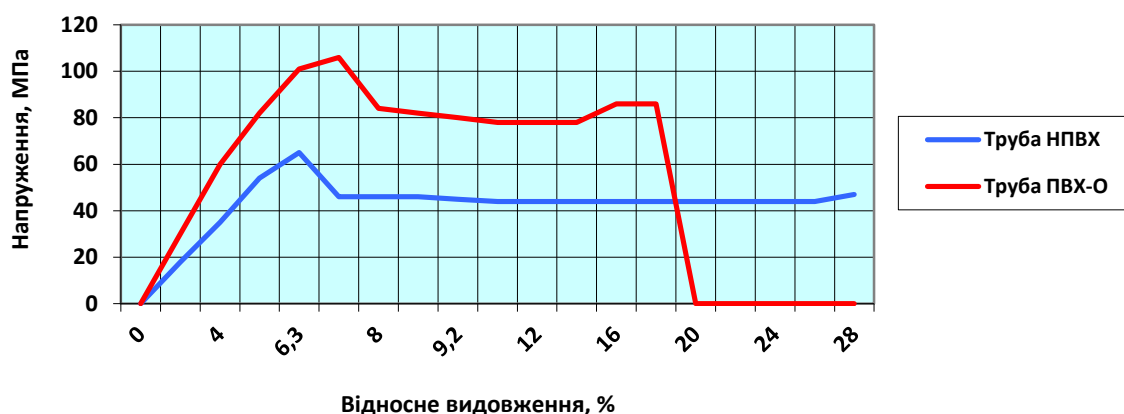


Рис. 2. Графік відносного подовження труб при розриві і межі текучості при розтягу труб з НПВХ і ПВХ-О

Визначення зміни довжини труб після прогрівання. Результати випробовування наведені на графіку рис.3.

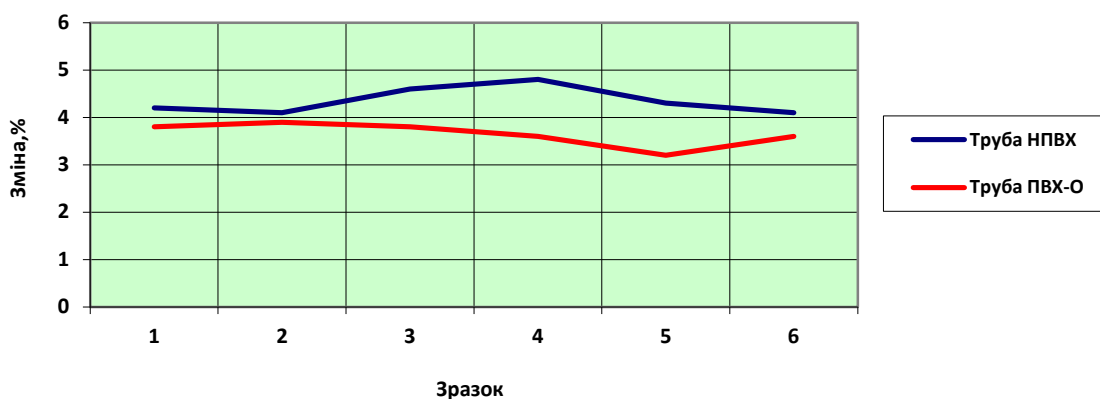


Рис. 3. Графік зміни довжини труб з НПВХ і ПВХ-О (150 °C на протязі 20 хв)

Визначення температури розм'якшення за Віка. Визначення температури розм'якшення за Віка проводили на шести зразках кожного типу труби у вигляді прямокутних сегментів довжиною (50 ± 5) мм, шириною (15 ± 5) мм і товщиною, рівною товщині стінки гладкої частини труби. Для випробовування використовувався прилад визначення теплостійкості за Віка. Результати випробовування наведені на графіку рис.4.

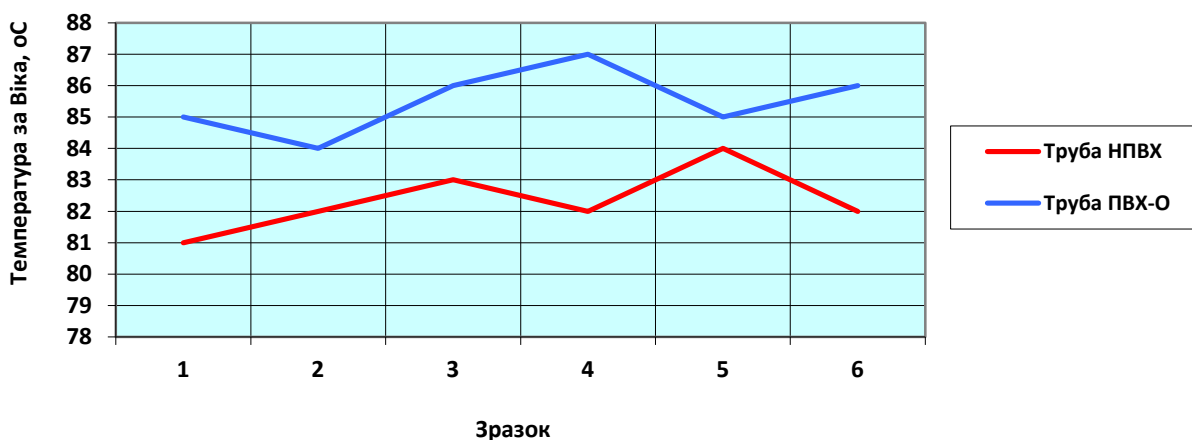


Рис. 4. Графік визначення температури розм'якшення за Віка труб з НПВХ і ПВХ-О

Визначення стійкості до дії дихлоретану. Визначення зміни стійкості до дії дихлоретану проводили на шести зразках кожного типу труби у вигляді прямокутних сегментів довжиною (50 ± 5) мм, шириною (15 ± 5) мм і товщиною, рівною товщині стінки гладкої частини труби.

Визначення стійкості при постійному внутрішньому тиску. Стійкість при постійному внутрішньому тиску труб проводили на зразках труб кожного типорозміру з будівельною довжиною $l \leq 500$ мм.

Проведені дослідження труб з НПВХ і ПВХ-О показали перспективність розвитку напрямку виробництва труб з ПВХ-О через їх кращі фізико-механічні характеристики. Проведені дослідження показали наступні переваги:

1. Опір удару падаючого вантажу труб з ПВХ-О набагато більший опору удару падаючого вантажу труб з НПВХ. В зону А (випробовування витримано повністю) [1] попала труба з ПВХ-О до 80 ударів, в той час як труба з НПВХ в зону А попала лише при 25 ударах.

2. Межа текучості при розтязі труби з ПВХ-О більша за межу текучості при розтязі труби з НПВХ на 81%, а відносне видовження менше на 30-35%.

3. Відмінність значень зміни довжин труб з НПВХ і ПВХ-О після прогрівання при температурі 150 °С на протязі 20 хв незначна, зміна довжини при нагріві труби з НПВХ в середньому на 10-15% більше за зміну довжини при нагріві труби з ПВХ-О.

4. Значення температури розм'якшення за Віка труби НПВХ в середньому на 5% менше за значення температури розм'якшення за Віка труби з ПВХ-О.

5. Як труби з НПВХ, так і з ПВХ-О стійки до дії дихлоретану при витримували при температурі (15 ± 0,5) °С на протязі 30 хв.

6. Труба з ПВХ-О позитивно проходить випробовування на стійкість до постійного внутрішнього тиску при однакових умовах експлуатації з трубою з НПВХ (на які розрахована труба), а також позитивно проходить випробовування на стійкість до постійного внутрішнього тиску при ускладнених умовах експлуатації з трубою з НПВХ, а саме збільшеному номінальному тиску, в той час як труба з НПВХ має негативні результати випробовування.

Список використаних джерел

1. Труби з непластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для холодного водопостачання. Технічні умови: ДСТУ Б.В.2.7-147:2007 – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва, 2007.– 88 с. – (Національний стандарт України).

2. Thermoplastics pipes. Test method for resistance to external blows by the round-the-clock method. EN 744: 1995. (Труби з термопластів. Метод тестування на стійкість до дії зовнішніх ударів рівномірно розподілених по периметру)

3. *Тугов И.И., Костыркина Г.И.* Химия и физика полимеров. М.: Химия, 1989.- 432 с.

4. *Гузеев В.В.* Исследование и разработка композиционных материалов на основе поливинилхлорида. Диссертация д.т.н. /В.В. Гузеев. – М.: 1979.

5. *Минскер К.С., Заиков Г.Е.* Достижения и задачи исследований в области старения и стабилизации ПВХ //Пластические массы. - 2001. – №4. – С. 27-35.

НАЙДА А.М., ПСТУХОВ А.Д., д.т.н., професор,
СВІДЕРСЬКИЙ В.А., д.т.н., професор

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОРІЄНТУВАННЯ ТРУБ З НПВХ

Для дослідження одностадійного орієнтування труб із непластифікованого полівінілхлориду запропоновано експериментальний модуль, що містить: тягучий пристрій для труби, калібр формування її внутрішнього діаметру. Зона формування має теплові сектори для підігріву труби перед і в процесі її орієнтування.

Для исследования одностадийной ориентации труб из непластифицированного поливинилхлорида предложен экспериментальный модуль, который состоит из тяги для вытяжки трубы, калибра формования её внутреннего диаметра. Зона формования имеет тепловые сектора для подогрева трубы перед и в процессе её ориентации.

To study the one-step orientation of pipes made of unplasticized polyvinyl chloride an experimental module that consist of a thrust for the exhaust pipe, caliber forming its inner diameter. Area of the molding has a thermal sector for heating the pipes before and during the process of its orientation

Ключові слова: непластифікований полівінілхлорид, напірні труби, орієнтування труб, тягучий пристрій, калібр, теплові сектори, конічні зони оправки

На зміну трубам з непластифікованого полівінілхлориду (НПВХ) все активніше пропонуються труби з орієнтованого НПВХ [1, 2]. Технологія виготовлення орієнтованих полімерних виробів (плоских плівок, рулонних матеріалів та ін.) може мати два основних варіанти: двостадійний та одностадійний. За двостадійним варіантом спочатку здійснюється підготовка заготовки труби, її вакуумне калібрування і охолодження до температури орієнтування, однакою по усьому перерізу труби. Далі труба переходить у зону подовжнього (аксіального) орієнтування, котре здійснюється між двома різношвидкісними тягучими пристроями. Поперечне (радіальне) орієнтування відбувається між двома одношвидкісними тягучими пристроями. На цій ділянці змінюється діаметр труби за рахунок внутрішнього калібру, зовнішній діаметр котрого зростає, залежно від ступеня орієнтування. За одностадійним варіантом подовжня і поперечна орієнтації відбуваються одночасно. При цьому підготовка заготовки ідентична підготовці заготовки першого варіанту.

В Україні відсутні технології виготовлення труб з ПВХ-О. Тому слід розробити і впровадити модулі орієнтування у нас. Наявність такого обладнання дає змогу визначити на них параметри технологічного процесу

орієнтації і відпрацювати конструкцію вітчизняного модуля. Цей модуль може бути вмонтованим у складі діючих технологічних ліній для виробництва труб НПВХ. Одностадійний варіант орієнтування труб більш реальний для виробництва і доповідь на конференції присвячена експериментальному модулю для дослідження технології і обладнання орієнтації.

Експериментальний модуль для досліджень одержання труб з НПВХ орієнтацією (рисунок) складається з нерухокої опори 1, кріплячого елемента 2, трубки-тримача 3, труби з НПВХ 4, першого тянучого пристрою 5, кабелів 6 і 7, нарастаючої конічної оправки 8, датчиків температури верхнього ряду 9, повітродувок верхнього ряду 10, нагрівальних елементів верхнього ряду 11, кабелів датчиків температури верхнього ряду 12, кабелів нагрівальних елементів верхнього ряду 13, спадаючої частини конічної оправки 14, блоку керування 15, вакуумної ванни 16, калібру 17, переміщувачів вакуумної ванни 18, форсунок охолодження 19, повітродувок нижнього ряду 20, другого тянучого пристрою 21, датчиків температури нижнього ряду 22, нагрівальних елементів нижнього ряду 23, кабелів нагрівальних елементів нижнього ряду 24, кабелів датчиків температури нижнього ряду 25, відрізного пристрою 26, відрізного елемента 27, труби з полівінілхлориду після відрізання 28.

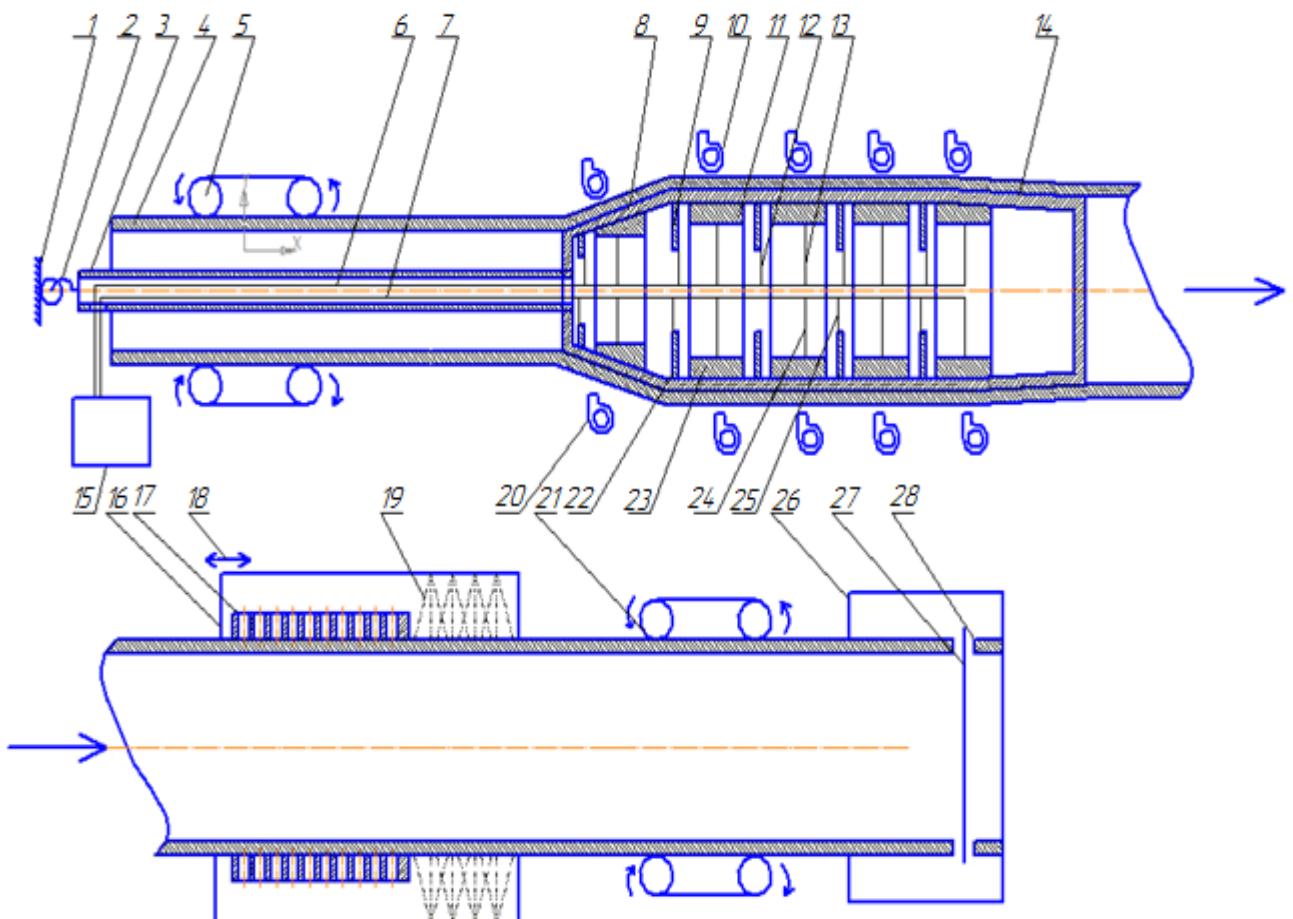


Рис. Експериментальний модуль для орієнтування труб з НПВХ

Одностадійне двохосьове витягування полівінілхлориду труби покращує її властивості завдяки орієнтуванню сегментів макромолекул полімеру в двох

взаємно перпендикулярних напрямках. Оправка (внутрішній калібр) має розширену частину, яка забезпечує збільшення розмірів у радіальному напрямку труби. Це значною мірою визначає і орієнтацію полімеру в напрямку окружності. Аксиально спрямоване тягове зусилля в значній мірі визначає орієнтацію в аксіальному напрямку.

Досягнута двовісна орієнтація закріплюється (заморожується) охолодженням труби. Перехрещене різнонаправлених елементів макромолекул при розтягуванні глобул НПВХ найбільш ефективно при подоланні можливого тріщиноутворення при фібриляції (аксиальне витягування полімеру).

Для нагріву секторів оправки 8 використовуються електричні нагрівальні елементи опору. Охолодження труби ззовні здійснюється з допомогою повітродувки.

На модулі встановлюється тензометричний вимірювальний перетворювач, що являє собою параметричний резистивний перетворювач, який перетворює деформацію твердого тіла, викликану дією на нього механічних напружень, в електричний сигнал.

Дослідження проводилось на малих швидкостях витягування, відповідно, і орієнтування. Необхідно працювати над пришвидшенням перемонтажу перетворювача на поверхні труби при проведенні дослідження.

Список використаних джерел

2. Уилоуби Д. Полимерные трубы и трубопроводы / Давид Уилоуби. – СПб.: Профессия, 2010. – 485 с.

ЗУБЕНКО Ю.В., ПУПКОВА Н.Г., ЖУКОВСЬКА Н.В., ПРИВАЛКО Е.Г.

Державне підприємство «Науково-дослідний інститут «Еластик», м.Київ

КІНЕТИКА ВСПІНЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ ЗВОРОТНЬОГО ВІДХОДУ

Розглянуто основні види суміші каучуків та термопластів. Розглянуто основні принципи одержання вспінених композиційних матеріалів з використанням зворотнього відходу, проаналізовано кінетику зміни в'язкості по Муні, в залежності від використаного порофору (азодикарбонамід, толуолсульфогідразид). Обрано оптимальний вспінювач.

Рассмотрены основные виды смеси каучуков и термопластов. Рассмотрены основные принципы получения вспененных композиционных материалов с использованием обратного отхода, проанализированы кинетика изменения вязкости по Муни, в зависимости от использованного порофора (азодикарбонамид, толуолсульфогидразид). Выбран оптимальный вспениватель.

The main types of rubber and thermoplastic rubber are observed. The basic principles of obtaining Foamed composite materials using reverse care, analyzed the kinetics of changes in Mooney viscosity, depending on the threshold used handicap (azodykarbonamid, toluolsulfohidrazyd). Elected best compound for porous rubber.

Для модифікації та надання гумовим виробам цінних експлуатаційних характеристик застосовують поєднання каучуків з пластиками. З пластиків найбільше застосування в гумовій промисловості знаходять поліетилен, полістирол і бутадієн-стирольні смоли з високим вмістом стиrolу, а також полівінілхлорид. Суміші, що містять ПВХ, добре формуються, вулканізуються тими ж вулканізуючими агентами, що і бутадієн-нітрильні каучуки.

Сучасна гумотехнічна промисловість не дивлячись на останні досягнення все одно передбачає створення великої кількості побічного продукту (брак). Який в свою чергу створює суттєву економічну та екологічну проблему. Якщо в гумовій суміші міститься термопласт, можливість повторного введення їх в свіжоприготовлену композицію не викликає ніяких труднощів. А матеріал при цьому зберігає цінні експлуатаційні та високоеластичні характеристики. Додаючи до суміші порофор, отримуємо вспінений матеріал, який застосовується в різних галузях промисловості.

Дослідження кінетики зміни в'язкості по Муні суміші на основі полівінілхлориду та бутадієн-нітрильного каучуку з різним порофором при 160°C наведено на рис.1.

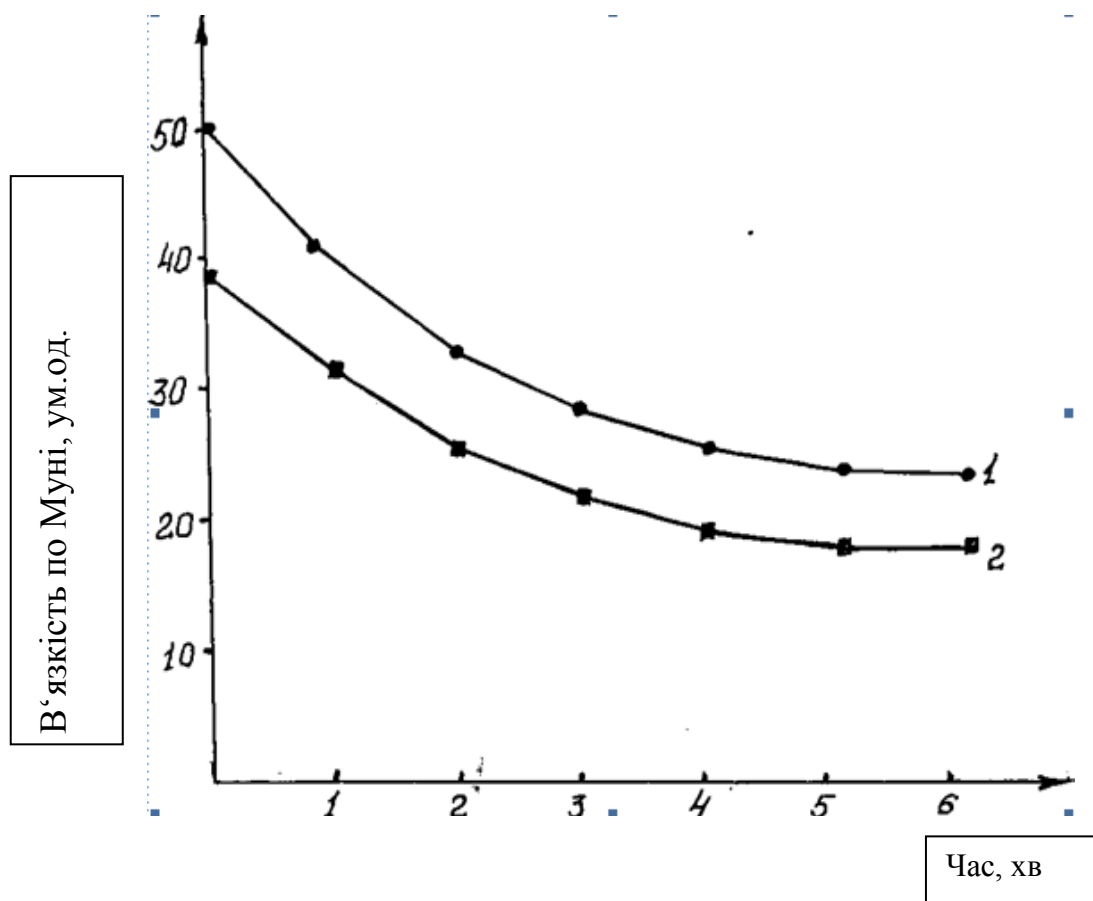


Рис. Кінетика зміни в'язкості по Муні суміші на основі полівінілхлориду та бутадієн-нітрильного каучуку з різним порофором при 160°C: 1- азодикарбонамід; 2- толуолсульфогідразид

Проаналізувавши отримані результати помітно, що умовна в'язкість по Муні азодикарбонаміду більше толуолсульфогідразиду приблизно на 10 ум.од., в одні і тіж проміжки часу. Подальші дослідження проводитимуться з використанням азодикарбонаміду.

Список використаних джерел

1. Корнев А.Е., Буканов А.М. Швердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. М.: НППА «Истек», г. Москва, 2009. – 504 с.
2. Осошник И.А., Шейн В.С. Практикум по технологи резиновых изделий. – Л.: Химия, 1989. – 224с.

**ШНИРУК О.М., ЮРЧЕНКО А.В., ЛІСНІЧУК І.Л.,
ШВЕД Д.М., КОВАЛЬ В.В.**

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

ЗАЛЕЖНІСТЬ МОДУЛЯ ЮНГА ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ КРЕЙДИ В КОМПОЗИЦІЇ

Досліджено вплив наповнення ПЕВТ крейдовою добавкою на пружність одержуваної композиції. Встановлено графічну залежність модуля Юнга від масової частки крейди в композиції.

Исследовано влияние наполнения ПЭВД меловой добавкой на упругость получаемой композиции. Установлено графическую зависимость модуля Юнга от массовой доли мела в композиции.

The effect of LDPE content of chalk addition on the elasticity of the resulting composition. Install a graphical dependency of young's modulus of chalk in the composition..

Ключові слова: ПЕВТ, крейда, модуль Юнга, композиція, стеаринова кислота

Стрімке поширення набувають полімерні труби у системах огородного, садового крапельного поливу, особливо для магістральних, підвідних мереж для води, живильних розчинів для рослин; розподільчих ланок газо- і тепломереж. Зростає потреба в полімерних морозостійких трубах для польових напірних водопроводів для поливу, для штучних льодових стадіонів, катків.

Умови експлуатації труб, наприклад, газонів, особливі: закопуються вони на глибину на 30-40 см, а для Києва глибина промерзання досягає 90 см. Тобто при наявності води в трубах на такій глибині вона замерзає. При замерзанні об'єм льоду на 8-13 відсотків перевищує об'єм води, з якого він утворюється. В замкнутій порожнині створюється тиск до 1000 МПа і більше, тобто лід zdeформує трубу. Сезонний демонтаж труб без ушкоджень газону. як і повне видалення води з системи поливу не можливі.

Для можливості використання наповнених крейдою напірних труб в умовах Києва необхідні дослідження міцнісних властивостей, а саме модуля Юнга й, також, достатності пружної складової залежності напруга-деформація для запобігання безоборотної деформації труб.

За своїми властивостями найкращим матеріалом для дослідження приймається поліетилен високого тиску (ПЕВТ), а труби діаметром 15 мм з ПЕВТ одержувались екструзією.

При дослідженні молота крейда марки ММ1 виробництва Заруцького вапняного заводу Сумської області вводилась в ПЕВТ марки 15813-0204 в розмірах 0; 2.5; 5; 7.5 та 10 мас.%. Для гідрофобізації крейди до неї додавалося 3% стеаринової кислоти. В якості зразків використовувались відрізки труби довжиною 100 мм.

Відпрацювання технології процесу наповнення ПЕВТ крейдою і одержання зразків здійснювалось на трубній лінії (рис. 1). Попередньо підготовлена крейда (висушена та диспергована до 50 мкм крейда, введена до неї 3% стеаринової кислоти) подається разом з ПЕВТ в бункер екструдера 2. В екструдері відбувається змішування суміші та підготовка розплаву композиції. В головці 3 формується трубна заготовка, котра фіксується в вакуумному калібрі 4. Далі труба охолоджується в ванні 6 витягується пристроєм 7 та намотується в бухти.

Для визначення модуля Юнга зразки розтягувалися на розривній машині TiraTEST 2300 до ступеня витяжки зразків 20% (межа установлена експериментально). Протокол результатів випробувань фіксувався самописцем розривної машини.

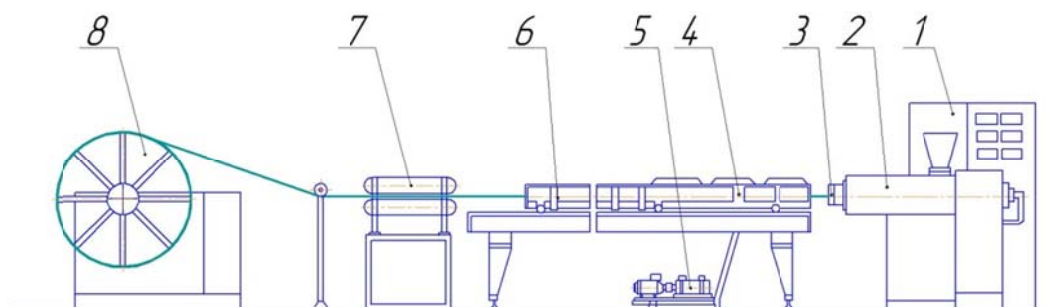


Рис. 1. Лінія з виробництва труб малого діаметру: 1 – шафа управління, 2 – екструдер, 3 – формуюча головка, 4 – калібр, 5 – вакуумний насос, 6 – охолоджуюча ванна, 7 – тягнучий пристрій, 8 – намотувальний пристрій.

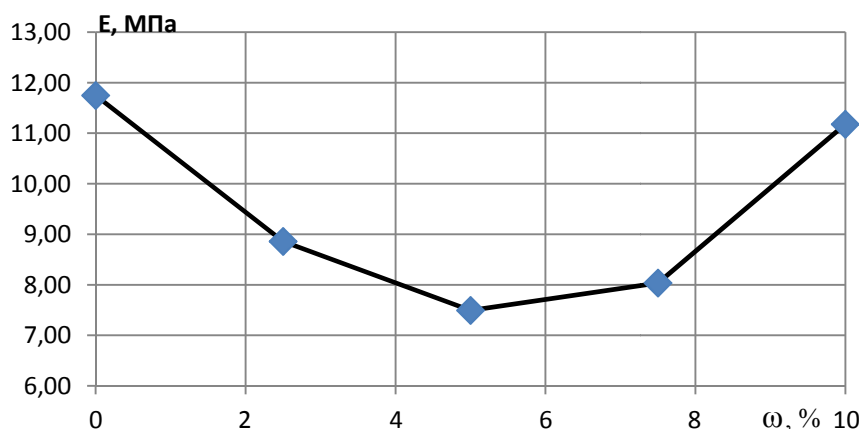


Рис. 2. Залежність значення модуля Юнга від вмісту крейди

З графічної залежності (рис.2) видно, що при зростанні вмісту крейди в композиції відбувається зниження величини модуля Юнга та досягає свого найменшого значення при 5% концентрації, а далі спостерігається його збільшення. Схожий характер залежності величини модуля Юнга композиції від вмісту крейди відмічено в статті [1].

Список використаних джерел

1. *Ludwik DOMKA, Andrzej WAŚICKI, Maciej KOZAK* The Microstructure And Mechanical Properties Of New Hdpe-Chalk Composites - Physicochemical Problems of Mineral Processing, 37 (2003) 141-147

НАЙДА А.М., ШНИРУК О.М., ТИМОШЕНКО О.В. к.т.н.. доцент,
ФЕДУН В.І., КОВАЛЬ В.В., МЕЛЬНИК Л.І. к.т.н.

Національний технічний університет «КПІ», м. Київ

ВПЛИВ ОРІЄНТУВАННЯ ПВХ НА РЕЛАКСАЦІЮ ВИДОВЖЕННЯ ЗРАЗКІВ ПІСЛЯ ВИПРОБУВАНЬ

Встановлена наявність первинної релаксації деформованих зразків, які пройшли випробування на відносне видовження та межі текучості при розтягу зразків труб. Показано, що орієнтування впливає на кінетику процесу первинної релаксації, котра має еластичну і пластичну складові у НПВХ і еластичну у ПВХ-О.

Установлено наличие первичной релаксации деформированных образцов, которые прошли испытания на относительное удлинение и предела текучести при растяжении образцов труб. Показано, что ориентация влияет на кинетику процесса первичной релаксации, которая имеет эластичную и пластичную составляющие в НПВХ и в эластичную ПВХ-О.

Ключові слова: НПВХ, ПВХ-О, орієнтування, релаксація

Перші полімерні труби в будівництві з'явилися в середині ХХ століття. Сьогодні промисловість пропонує вже широкий вибір полімерних труб. При правильному монтажі їх довговічність досить висока. Донині експлуатуються трубопроводи з полімерних труб, змонтовані в 50-ті роки. Тобто використання сталевих оцинкованих труб для систем внутрішньої і зовнішньої водопровідної системи уже не є актуальним. На їх зміну прийшли труби нових поколінь, такі як труби з непластифікованого полівінілхлориду (НПВХ), появляється інформація про труби з орієнтованого ПВХ [1]. Але конкретні дані з технології одержання орієнтованих труб і відповідного обладнання для цього відсутні.

Мета роботи – дослідження впливу орієнтування НПВХ на процес релаксації деформованих зразків, які пройшли випробування на відносне видовження та межі текучості при розтягу зразків труб.

Для досліджень використовували зразки типу «лопатка», форма і розміри яких вказані на рис. 2 і в табл. 1.

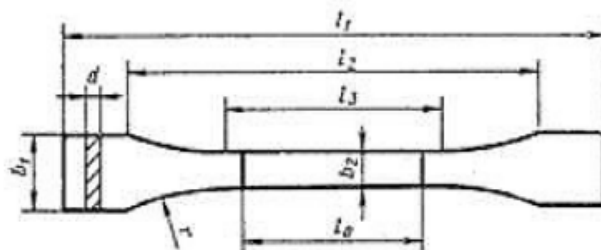


Рис. 1 Зразок для випробувань

Таблиця – Значення геометричних параметрів зразків

Параметр	Значення
Загальна довжина l_1	160 мм
Відстань між мітками, що визначають положення кромки затискачів на зразку l_2	115 мм
Довжина робочої частини l_3	60 мм
Розрахункова довжина l_0	50 мм
Ширина головки b_1	20 мм
Ширина робочої частини b_2	10 мм
Товщина d	5,08 мм
Радіус закруглення r	60 мм

Перед випробуванням на зразки наносяться необхідні мітки. Мітки не повинні погіршувати якість зразків або викликати розрив зразків у місцях міток. Товщину і ширину зразків вимірювали у трьох місцях, в середині та на відстані 5 мм від міток. З отриманих значень обчислювали середні арифметичні величини, за якими – початковий поперечний переріз [2]. Зразки, у яких мінімальне і максимальне значення товщини або ширини розрізняються більш ніж на 0,2 мм, не випробовувались.

Зразки закріплювали у затискачі випробувальної машини по мітках, що визначають положення кромки затискачів таким чином, щоб поздовжні осі затискачів та вісь зразка збігалися між собою і напрямками руху рухомого затискача. Затискачі рівномірно зтягуються, щоб виключалося ковзання зразка в процесі випробування, але при цьому не відбувалося його руйнування в місці закріплення. При випробуванні вимірювали навантаження і подовження зразка безперервно або в момент досягнення межі текучості, максимального навантаження, в момент руйнування зразка.

Для визначення відносного подовження труб при розриві і межі текучості при розтягу використовувались зразки труб з НПВХ та ПВХ-О.

На рис. 1 зображена результативна графічна залежність «Напруження-подовження» для дослідних зразків труб.

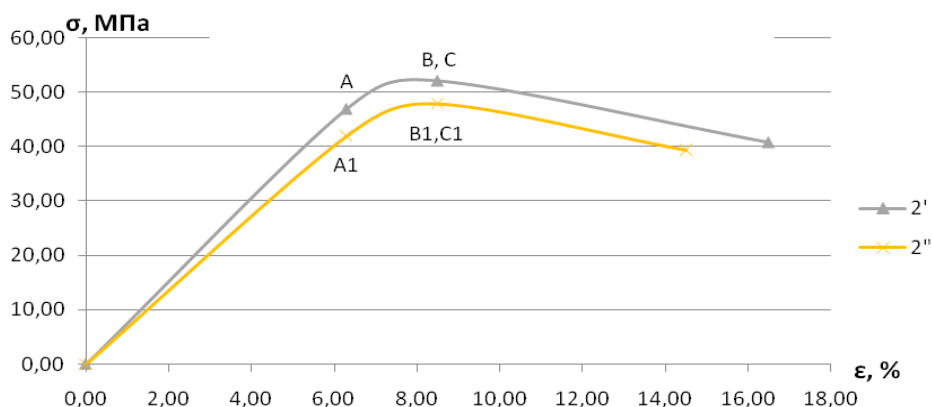


Рис. 1. Графічна залежність «Напруження-подовження» для зразків труб з ПВХ-О (2') та НПВХ (2'')

Точки А, А1 – межі пропорційності зразків труб і відповідають наступним значенням:

А – напруження $\sigma = 47$ МПа; відносне видовження $\varepsilon = 6,3\%$;

А1 – напруження $\sigma = 42$ МПа; відносне видовження $\varepsilon = 6,3\%$;

Точки В, С, В1, С1 – межі міцності та текучості зразків труб і відповідають наступним значенням:

В,С – напруження $\sigma = 52,175$ МПа; відносне видовження $\varepsilon = 8,5 \%$;

В1,С1 – напруження $\sigma = 47,884$ МПа; відносне видовження $\varepsilon = 8,5 \%$;

Значення модуля пружності для цих зразків: 2'2 – 7,460 МПа; 2"2 – 6,667 МПа.

Після проведення випробувань на визначення відносного видовження та межі текучості при розтягу зразків труб досліджувались релаксаційні процеси деформованих зразків. На протязі рівних відрізків часу вимірювалась зміна довжини деформованих зразків в мм та проводився перерахунок цих даних у відсоткові (% %) значення. На рис. 2 зображені графічні релаксаційні залежності для зразків труб з НПВХ та ПВХ-О.

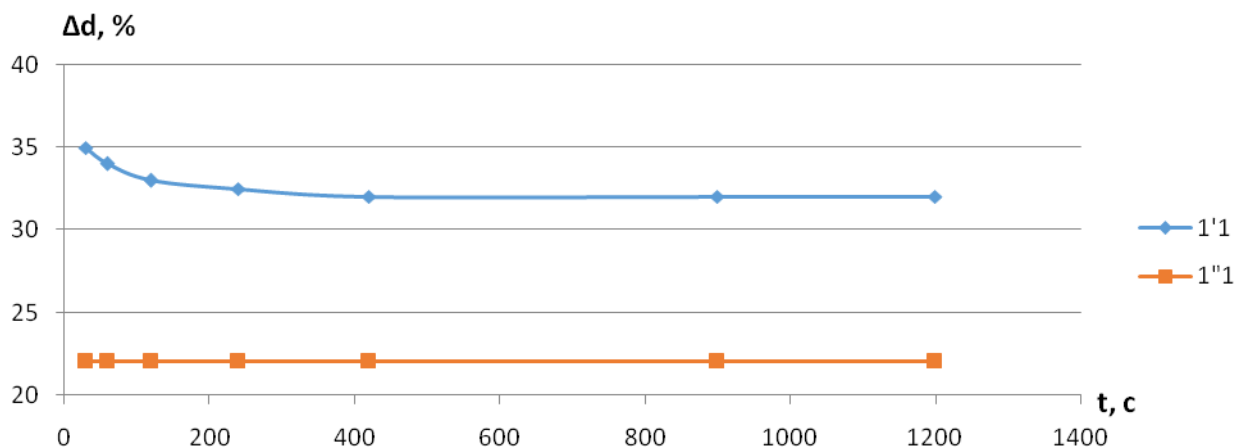


Рис. 2. Криві релаксації

Аналізуючи вищенаведені графічні залежності можна відмітити, що зменшення розмірів зразків ПВХ-О після зняття навантаження спостерігається на протязі перших 7 хвилин. У зразків труб з НПВХ релаксація відбувається миттєво, має місце тільки пружна складова деформації.

Список використаних джерел

1. Найда А.М. Релаксація напружень труб з ПВХ-О на установці виготовлення труб з ПВХ-О / А. М. Найда // ISSN 2226-3780, журн. Технологический аудит и резервы производства. – 2015. - № 2/3 (22). 2015– с. 51-55.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЗНИК

Dudko V.A.	70	Лажевская О.В.	67
Fleisher H.U.	28	Лесних Н.	14
Lebedych V.S.	87	Ліснічук І.Л.	89, 109
Luong Duc Long	28	Лутай А.М.	9, 19, 24
Myronyuk O.V.	87	Малащук Н.С.	76
Rudenko I.V.	87	Мельник Л.І	73, 89, 111
Sajanyan A.	87	Миронюк О.В.	83, 85
Sikorsky O.O.	87	Мікульонок І.О.	66
Skorokhod S.V.	70	Найда А.М.	100, 104, 111
Sviderkyi V.A.	28	Нековаль Н.Н.	67
Tokarchuk V.V.	28	Нудченко Л.А.	14
Trus I.M.	28	Павленко О.В.	41
Zaitsev A.	70	Пасько Н.И.	98
Барбаш В.А.	79	Пахомова В.М.	54
Берладір Х.В.	60	Пащенко Е.А.	67
Бондар О.О.	43	Пащенко Є.О.	77
Бричка С.Я.	58	Петухов А.Д.	100, 104
Будник О.А.	60	Пижова К.Д.	91
Бычихин В.Н.	67	Привалко Е.Г.	107
Вазієв Я.Г.	41	Пупкова Н.Г.	107
Витвицький В.М.	66	Романчук Б.В.	76
Глуховский В.В.	32, 45	Руденко П.В.	60
Глуховский И.В.	32	Савченко Д.О.	67
Глуховский І.В.	45	Свідерський В.А.	60, 100, 104
Головчук С.А.	63, 67	Сіволапов П.В.	83
Гончарук О.О.	9, 19, 24	Сікорський О.О.	83
Гресь С.А.	98	Скороход С.В.	73
Гречанюк В.Г.	43	Сокольський О.Л.	66
Данченко Ю.М.	81	Стадницька О.М.	77
Дашкова Т.С.	32, 45	Страхов О.А.	85
Дорогань Н.О.	14	Тарасенко Ю.В.	91
Дребезова Л.П.	98	Тимошенко О.В.,	111
Жуковина А.В.	32	Трачевський В.В.	94
Жуковська Н.В.	94, 107	Федорович С.Р.	54
Зубенко Ю.В.	107	Федун В.І.,	111
Ільїна К.Ю.	94	Харченко Е.А.	32
Ільницький Д.М.	52	Цибенко М.Ю.	14
Карєв А.І.	81	Черненко А.Н.	67
Коваль В.В.	109, 111	Швед Д.М.,	109
Ковальчук В.О.	79	Шмельова Є.П.	39
Колосов О.Є.	76	Шнирук О.М.	79, 89, 109, 111
Котел Л.Ю.	58	Юрченко А.В.	89, 109
Круглицька В.Я.	54	Яременко В.Е.	91, 98
Кучеренко К.В.	73	Ященко О.В.	79