

Т. В. Ковалінська, В. І. Сахно, Ю. В. Іванов, Є. Г. Міхнева, А. Г. Зелінський

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

РАДІАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ГІДРОФОБІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Наведено результати експериментальних досліджень для застосування мегавольтних електронів у технологіях виробництва високоякісних гідрофобних матеріалів у будівельній індустрії. Описано розроблену технологію радіаційно-хімічної гідрофобізації звичайного шиферу з метою отримання на його основі нового типу вологостійкого й міцного композитного матеріалу, який поки що не має аналогів у вітчизняному виробництві.

Ключові слова: радіаційна технологія, опромінення, шифер, гідрофобізація, композитний матеріал.

Вступ

Радіаційні технології широко використовуються в різних галузях науки і виробництва та успішно конкурують з іншими технологіями. У деяких галузях альтернативи вони не мають. Основні сучасні методи таких технологій пов'язані з опромінюванням різноманітних органічних матеріалів і систем [1, 2]. Взаємодію іонізуючої радіації та органічних матеріалів докладно вивчено. Створено потужну наукову базу для проектування радіаційних технологічних процесів, враховуючи численні механізми трансформації енергії випромінювання в органічних матеріалах. Опромінювання твердих неорганічних матеріалів належить до радіаційної фізики [3], а технологічні процеси в цій галузі використовуються дуже обмежено (у напівпровідниках – відпал, у деяких процесах металургії – зварювання, плавлення, модифікація поверхні) [4, 5].

Попередні дослідження вказують на певну прогалину в поширенні радіаційних технологій, незважаючи на те що радіаційна фізика та радіаційна хімія кожна окремо мають детально опрацьовану наукову основу. Об'єктивно ця прогалина стосується радіаційних технологій сучасних промислових твердих матеріалів для індустрії, де поки що важливо навести дані про успішне наукове вирішення цієї проблеми.

Сучасні тенденції економічного розвитку передбачають створення нового класу матеріалів для промислового застосування – композитних матеріалів. Вони поєднують найбільш корисні властивості матеріалів попередніх поколінь. Авторам не вдалося знайти публікацій про технології композитних матеріалів на основі іонізуючої радіації. Враховуючи великий попередній позитивний досвід й унікальні можливості іонізуючої радіації модифікувати атоми, було встановлено, що цей напрямок є актуальним і перспективним для швидкого впровадження у виробництво.

Метою даних досліджень було теоретичне й експериментальне встановлення основних зако-

номірностей і моделей процесів, де іонізуюче випромінювання може виступати як технологічний інструмент виробництва твердих композитних конструкційних матеріалів широкого вжитку.

Об'єкт досліджень

Об'єктом досліджень було вибрано шифер – один із перших композитних конструкційних матеріалів. Шифер належить до групи твердих будівельних матеріалів, надзвичайно поширених у промисловому й цивільному будівництві. Цей матеріал, наприклад, застосовується в атомній енергетиці для спорудження теплообмінних градірень.

Вибір технології модифікування

Відносно щільний верхній шар цементного каменю є робочою поверхнею з мікропорами, які за рахунок поверхневого натягу перешкоджають проникненню вологи і спрямовують її течію у потрібному напрямку. Внутрішні шари мають значно більші пори (проміжки) між складовими і цим надають шиферу деяку гнучкість, необхідну для монтажу на об'єктах. Нижній шар має відносно велику пористість, волокна виступають за границі пластини, що забезпечує конструктивне з'єднання пластин між собою при монтажі.

У даний час виникла тенденція зниження попиту на цей недорогий і доступний матеріал через низку характерних для нього недоліків:

недостатня здатність до пружної деформації, *малий опір до зламування;*

здатність *насичуватися вологою*, яка при замерзанні призводить до руйнування матеріалу;

шифер нестійкий до *обростання* мохами та лишайниками;

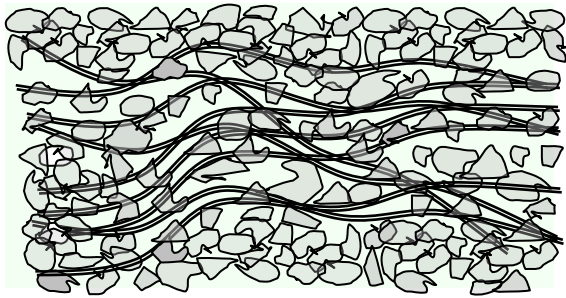
телефорність мікроскопічними часточками цементного каменю та азбесту. Останній належить до *канцерогенів*, тому екологічні служби зараз не пропускають проекти з шиферними покриттями.

© Т. В. Ковалінська, В. І. Сахно, Ю. В. Іванов, Є. Г. Міхнева, А. Г. Зелінський, 2016

Враховуючи, що цей матеріал є самим дешевим на будівельному ринку, асортимент деталей із шиферу дуже широкий, а будівельна індустрія добре опанувала його використання. Дослідження та технологічні розробки, спрямовані на усунення вказаних недоліків, є актуальною й перспективною технічною задачею.

Вирішення вказаних вище проблем із використанням традиційних для ІЯД НАН України (далі – ІЯД) методів прикладної ядерної фізики було метою проведення спеціальних досліджень можливостей застосування мегавольтних електронів як технологічного інструменту виробництва нового покращеного композитного матеріалу на основі шиферу.

Використання ефектів взаємодії високоенергетичних заряджених частинок з матерією є привабливим шляхом створення нових технологій виробництва. Найближчі для використання – це ефекти взаємодії електронів, прискорених до



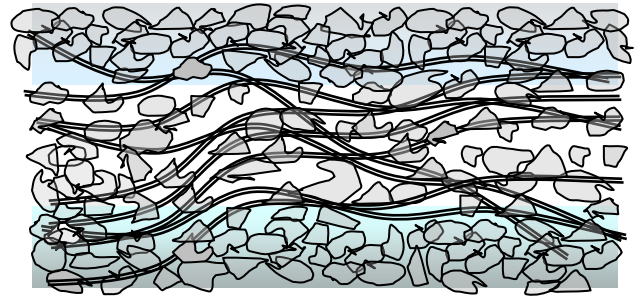
а

невисоких енергій (1 - 5 MeV) із зовнішніми оболонковими структурами атомів. Ці ефекти є основою сучасних промислових радіаційних технологій.

Ідеї, покладені в основу даних досліджень і розробок

Основна ідея покращення характеристик шиферу – це введення до складу ще одного-двох додаткових компонентів, властивості яких компенсують недоліки типового шиферу шляхом одночасного вирішення двох проблем – гідрофобізації та конструктивного удосконалення.

Досліджуються два варіанти модифікації – рівномірне введення додаткових складових по всій товщі матеріалу, як це показано на схемі (рис. 1, а), або внесення їх лише в пограничні шари шиферу (б). В обох варіантах основним завданням є введення додаткових складових у матеріал готових виробів.



б

Рис. 1. Схема запропонованого методу модифікації шиферу.

Вибір технології модифікування

З огляду на високу щільність цементного зв'язуючого і азбесту вибрано електрофізичні радіаційно-хімічні технології модифікації шиферу. З цією метою пори матеріалу було вирішено наситити рідкою речовиною малої в'язкості, наприклад рідким мономером, а потім змусити цю рідину тверднути (полімеризуватися) у внутрішніх або граничних шарах матеріалу під дією іонізуючої радіації. Останнє вигідне з економічної точки зору, бо модифікацію поверхневих шарів шиферу можна буде здійснювати на дешевих прискорювачах електронів невеликої енергії. У такому варіанті модифікування неодмінно покращуються його конструкційні характеристики, тому що в результаті поверхневої гідрофобізації на усій поверхні виробу утворюються більш щільні та міцніші шари модифікованого матеріалу і така конструкція буде працювати як балка та пружно сприймати механічні навантаження.

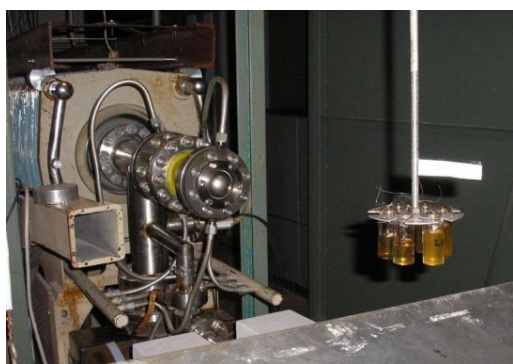
Аналіз попередніх досліджень

Радіаційна модифікація цементних матеріалів (цементного каменю, бетону, залізобетону тощо)

досліджується ще з середини минулого століття. Поки що радіаційні технології не мають рівних за своєю ефективністю і забезпечують отримання унікальних сортів гідрофобних цементних матеріалів (бетонів) з показниками, що в разі перевищують типові бетони по усіх його технічних параметрах – міцності, морозостійкості, водопоглинанню, стійкості до стирання. Однак через надто велику вартість цей радіаційно-модифікований матеріал використовується виключно у самих відповідальних спорудах. Реально введена радіаційно-хімічна технологія модифікації виробів із цементу використовує високотоксичні типи мономерів, вимагає застосовувати в радіаційних лініях виробництва складне допоміжне технологічне устаткування – хімічні реактори, вакуумне обладнання, системи аспірації, захисту від токсичної хімії та ін. Але надзвичайно високі параметри отриманих радіаційно-модифікованих матеріалів цієї групи стимулюють пошуки нових шляхів для відтворення таких радіаційних технологій більш простим і доступним для виробників шляхом.

Вибрані напрямки розробки

У даних дослідженнях було вирішено відмовитися від попередніх типів високотоксичних мономерів акрилового ряду на користь сучасним розробкам кремнійорганічних матеріалів – олігомерів. Було б вигідно скористатися тим, що в олігомері містяться значні кількості кремнію, який за допомогою енергії іонізуючої радіації можна спробувати поєднати з мінеральними конкреціями у шифері. Це приваблива задача, бо більшість з них належать до нетоксичних матеріалів і відповідно обіцяють спрощення технологічного процесу та структури виробництва. Економічним підґрунтям вибору цього напрямку є широкий асортимент олігомерів на ринку та наявність в Україні підприємств, що їх випускають, у тому числі як побічні і дешеві відходи від виробництва основної продукції. Проблемою технологій є підбір таких рецептур, які здатні до тверднення у внутрішніх шарах виробів. Такі дослідження здійснено на радіаційній установці ІЯД з використанням пучків електронів з енергією 4 МеВ.



а



б

Рис. 2. Спеціальна техніка для здійснення експериментальних досліджень:
а – обертовий пристрій; б – груповий планшет

Для досліджень радіаційної чутливості різних типів олігомерів існуючу на установці систему метрології процесів опромінення доповнено спеціальними методиками і каналами контролю поглинутих доз, температури зразків при опроміненні

тощо. На першому етапі досліджено більше 100 різних рецептур сумішей олігомерів (див. рис. 2, б) і вибрано три зразки силоксанів різного складу з найбільш вираженою здатністю радіаційно-стимульованої полімеризації (таблиця).

Характеристики вибраних кремнійорганічних мономерів та олігомерів

Умовне позначення	В'язкість (20°C), сСт	Молекулярна маса, г/моль	Густина (20°C), г/см ³	Поглинута доза полімеризації, кГр
ВЦС	1,2	308	0,96	25
ОМЦС-Д4	1,1	296	0,95	25
ГКЖ-94М	84	2000	0,991	50

Наступні рішення по вибору найперспективнішого складу олігомеру здійснювалися з урахуванням економічних аспектів промислового впровадження нової технології (доступність, ціна та ін.).

Радіаційні дослідження.

Методики, прилади і техніка експериментів

З метою досліджень процесів радіаційної модифікації силіконових сумішей (а в подальшому і композитних матеріалів) було здійснено пошук оптимальних технологій радіаційної обробки. Виявилось необхідним розробляти інші методи опромінювання матеріалу і більш точні засоби метрології цих процесів, бо одночасно з ефектами полімеризації олігомерів у внутрішньому об'ємі шиферу доведеться також відшукувати шляхи радіаційно-хімічного прищеплення органічного матеріалу до мінеральної основи.

Було проаналізовано поточні технологічні проблеми радіаційної обробки зразків рідких силіконових сумішей і визначено напрямки адаптації радіаційної установки ІЯД під такі роботи. Для транспортної лінії установки створено спеціальні підпучкові технічні засоби опромінення зразків з олігомерами. Таких засобів два типи (рис. 2, а) – обертовий пристрій з електромеханічним приводом для рівномірного опромінення невеликої кількості рідких зразків олігомерів (до 8) та груповий планшет (б) для одночасного опромінення більше 120 таких зразків.

Технологічний процес

Технологічний процес ґрунтується на механізмі взаємодії швидких електронів із верхніми оболонковими структурами атомів матеріалу.

Режим радіаційної обробки вибирається з умови утворення в матеріалі – основі й олігомері – максимально можливих кількостей атомів, які мають на верхніх орбітах неспарені електрони. За рахунок цього відбувається хімічне зв'язування складових олігомеру і мінеральної основи шиферу – цементу та азбесту. Зазначимо, що за інших умов забезпечити такі зв'язки практично неможливо. Саме в цьому оригінальність технології.

При модифікації полімерів ефект дії радіації характеризується радіаційно-хімічним виходом (G) – числом модифікованих молекул на 100 еВ поглинутої енергії. Шляхом обчислення енергетичних показників передачі енергії при опромінюванні і каскадів подальших перетворень можна показати, що в основі радіаційних процесів зшивки лежать явища утворення зв'язків С-С (близько 349 кДж/моль) та С-Н (414 кДж/моль). Для вирішення наших задач необхідно знайти спосіб здійснення одного з важливих процесів – хімічного приєднання органіки (олігомера) до мінеральної основи матеріалу. За теорією, щеплення полімерних ланцюгів до мінеральної основи може відбуватися за умов наявності в складі основи тих же хімічних елементів, що й у мономері. Такі процеси іменуються прищеплювальною полімеризацією. Вони вважаються сучасними і перспективними методами модифікації полімерних матеріалів шляхом формування в них відгалужених ланцюгів зв'язаних з іншими конструкціями у структурі матеріалів (мономерів іншого типу, кристалів, матеріалу основи).

Радіаційний метод його ініціювання – це практичний і самий легкий шлях отримання привитих полімерів у порівнянні зі звичайним хімічним методом. Іонізуючі випромінювання можуть використовуватися для генерування будь-яких активних центрів та отримання на будь-яких основах бажаних комбінацій полімерів і матеріалів. Цьому методу притаманні всі відомі переваги радіаційної полімеризації. Добре відпрацьована технологія цих процесів дає можливість їхнього попереднього розрахунку для конкретних показників композицій з полімерами.



При плануванні експериментів попередні оцінки ефективності процесів прищеплювальної полімеризації здійснювались за загально прийнятою методикою за формулою

$$G_{(-M)} = \frac{100N_A \Delta \Pi}{6,24 \cdot 10^{13} Dm(\Pi_0 + \Delta \Pi)\rho},$$

де D – поглинута доза іонізуючих випромінювань, кГр; m – молекулярна маса мономеру; Π_0 – початкова маса полімеру до щеплення на основу, г; ρ – щільність полімеру, г/см³; $\Delta \Pi$ – бажана маса прищепленого полімеру, г.

За теорією це забезпечує отримання результатів з похибкою близько 50 %. Результати використовували для оцінки можливостей радіаційної техніки та необхідних для експериментів об'ємів піддослідного матеріалу.

У наших дослідженнях основою для прищеплення є чистий і добре висушений матеріал, тому попередній аналіз здійснювався з розрахунку на іонний механізм полімеризації. Аналіз теоретичних положень показав, що при опроміненні прискореними електронами велика кількість реакційно здатних і високоактивних центрів утворюється в результаті генерування озону з вільного кисню у складі полімерної суміші, а також як основного продукту радіолізу оточуючого повітря. Озон швидко розпадається, у тому числі й на атомарний кисень, що створює додаткові сприятливі умови для радіаційно-хімічної модифікації в технологіях з опромінюванням електронами.

Дослідження технології радіаційно-хімічної модифікації

Вибрані в попередніх дослідженнях найбільш радіаційно-чутливі олігомери наносилися на поверхню зразків промислового шиферу, деякі з них повністю насичувались мономером шляхом занурення. Після заповнення зовнішніх шарів виробу олігомерами зразки навішувались на конвеєр і через транспортну лінію подавались у реакційну камеру під опромінення (рис. 3).

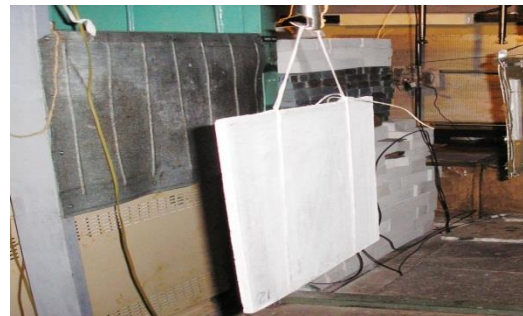


Рис. 3. Технологічний процес радіаційно-хімічної модифікації: механічне нанесення олігомеру на поверхню зразків шиферу (зліва); зразки на конвеєрі транспортної лінії (справа).

У реакційній камері зразки розмірами $60 \times 40 \times 1$ см опромінювались широким стаціонарним потоком електронів 4 MeV з обох сторін і видалялись із камери на майданчик розвантаження конвеєра. Для вибору оптимального режиму технологічного процесу зразки опромінювались різними дозами, але наближеними до тих (25 - 50 кГр), що були визначені при дослідженнях характеристик олігомерів.

Аналіз результатів.

Вимірювання ефекту гідрофобізації

В основу випробування гідрофобності модифікованого шиферу покладено методику вимірювання крайового кута змочування. Схема методики наведена на рис. 4 і передбачала нанесення краплі води на оброблену поверхню і вимірювання кута змочування, як це наведено на рисунку. Для контрольних зразків він був меншим 10° .

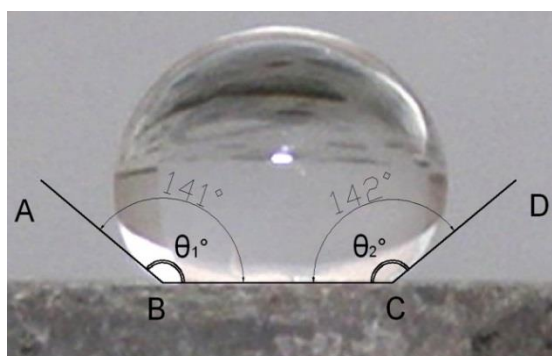


Рис. 4. Вимірювання крайового кута змочування води на поверхні.

А на типовому шифері сформувати краплю принципово неможливо через його пористість. Крапля негайно зникає в тілі шиферу. Тому для числової оцінки результатів скористались іншою методикою – одночасним зануренням модифікованого і контрольного зразків шиферу у воду на певний час та їхнє зважування. Фото на рис. 6

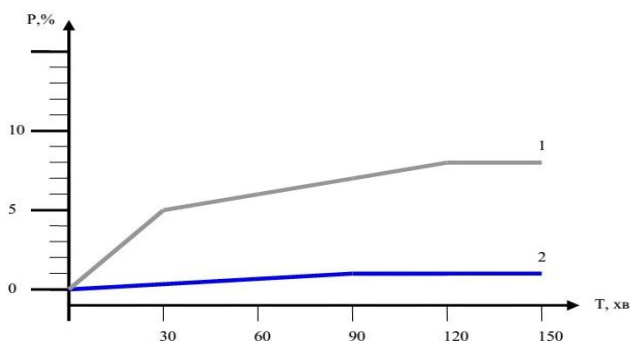


Рис. 6. Динаміка водопоглинання шиферу (зануренням у воду): 1 – типовий, немодифікований; 2 – радіаційно-модифікований. На фото – оперативна оцінка водопоглинання. Модифікований зразок воду не поглинає.

Крайовий кут змочування $\theta_{1,2}$ є дотичним до міжфазних поверхонь, що обмежують краплю рідини з вершиною (B та C) на межі розділу трьох фаз (тверда, газоподібна, рідина).

На даному етапі лише вивчалась ефективність вибраної технології радіаційно-хімічної модифікації. Випробування показали, що гідрофобізацію (у різному ступені) забезпечують усі вибрані суміші олігомерів. Було встановлено, що до олігомерів для промислового використання цієї технології слід сформулювати додаткові вимоги (в'язкість, склад, радіаційну чутливість), за якими в перспективі можна отримати унікальний вид шиферу.

Для наочності на фото показано процес оцінки досягнутої гідрофобності (рис. 5). З них видно, що крайовий кут змочування модифікованого шиферу близький до максимально можливого (більше 120°). Навіть через 10 хв витримки крапля не розтікається і не проникає в модифікований шифер.

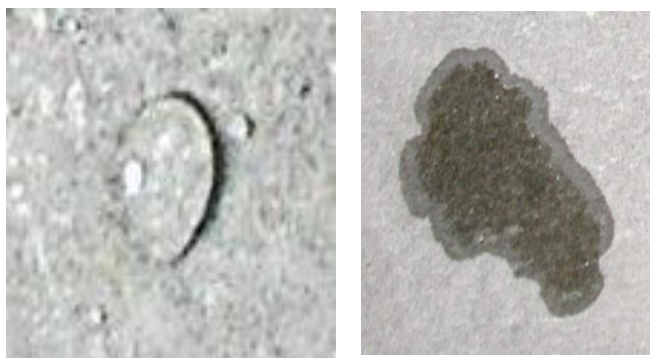
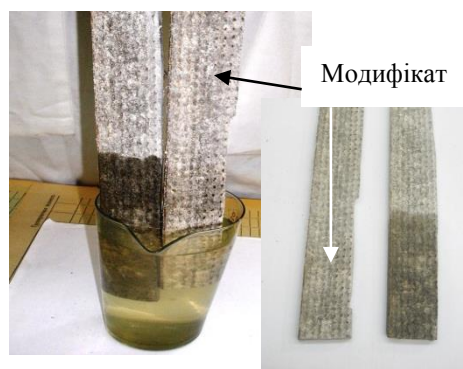


Рис. 5. Визначення ефективності радіаційно-хімічної гідрофобізації шиферу: зліва – крапля на модифікованому шифері (через 5 хв); справа – крапля води на звичайному немодифікованому шифері.

наочно демонструє різницю. Зразки типового шиферу активно поглинають воду (потемніла ділянка зразка, яка занурювалась у воду), у той час як модифікований шифер (модифікат) воду практично не поглинає і його колір незмінний. А на графіку рис. 6 наведено функцію водопоглинання обох зразків.



Видно, що вибрана нами технологія гідрофобізації забезпечує зниження водопоглинання більше ніж на порядок, причому модифікований зразок утримував вологу лише на «кошлатій» зворотній стороні листа шиферу і після підсихання цього шару виявилось практично повна відсутність водопоглинання.

Оцінка показника пружної деформації

Зазначимо, що за звичай шифер не характеризується пружністю і належить до крихких буді-

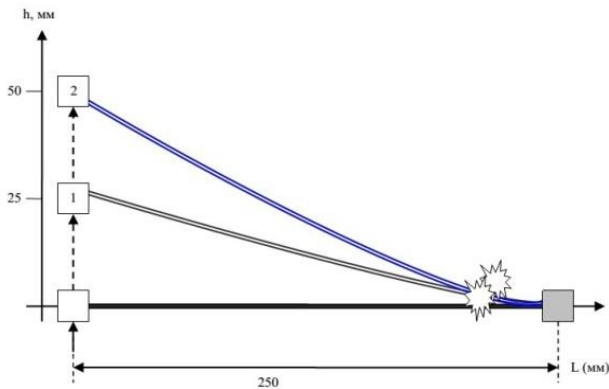


Рис. 7. Випробування листового шиферу на пружну деформацію: 1 – контрольний зразок (немодифікований, легко переламується); 2 – зразок радіаційно-модифікованого шиферу (переламати важче).

Це здійснюється на відповідному станку з контролем максимального відхилення. З результатів видно, що перелом модифікованого зразка шиферу відбувається при деформації, що у 2 рази перевищує контрольний. Відповідно можна стверджувати, що для модифікованого шиферу цей параметр може стати одним із визначальних його характеристик. А при детальному опрацюванні технологій можна очікувати суттєвого збільшення показника пружної деформації.

Висновки

1. Досліджено проблему радіаційно-хімічної модифікації поширеного матеріалу будівельної індустрії. Отримано зразки нового композитного матеріалу, який суттєво переважає існуючі зараз види шиферу. Проведено експрес-дослідження основних характеристик отриманого матеріалу.

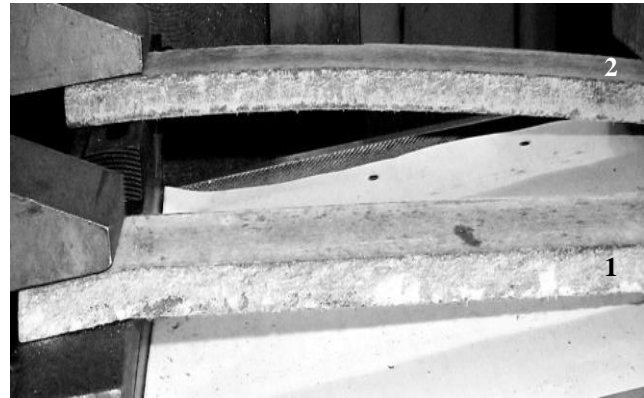
2. Проведений цикл досліджень показав:

радіаційна модифікація шиферу сучасними олігомерами є перспективним напрямком виробництва нового високоякісного матеріалу цієї групи;

найбільше підходять для дослідженої технології олігомери з групи силосанів (таких, як вінілгептаметилцикло-тетрасилоксан), але для здійснення промислової технології нового композитного органно-мінерального матеріалу необхідно уточнити їхні конкретні характеристики;

А його армування волокнами азбесту спрямоване лише на підвищення міцності до зламування, бо в'язуче – цемент – такими властивостями не характеризується. Для оцінки результатів модифікації було розроблено експрес-методику вимірювання цього показника.

Схема контролю за пружною деформацією наведена на рис. 7. Методика передбачає відгинання одного з кінців зразка, закріпленого на іншій боці до моменту його перелому.



методику поверхневої гідрофобізації можна пропонувати як перший і самостійний варіант нового композитного радіаційно-модифікованого шиферу, який доступний для впровадження у промисловість негайно з використанням існуючої в Україні технічної бази радіаційної обробки матеріалів;

радіаційно-хімічні технології об'ємної модифікації дозволяють отримати новий, перспективний і поки що маловідомий матеріал невисокої вартості, суттєво зменшити залежність індустрії від імпорту дорогих будівельних матеріалів.

3. Розроблено й випробувано радіаційну технологію отримання нового гідрофобного матеріалу шляхом модифікації типового шиферу. Нова технологія включає в себе насичення олігомерами готових виробів із шиферу та подальше їхнє опромінення пучком електронів 2 - 5 МеВ.

Вибираючи цей тип мономерів, дослідники виходили з припущення, що в складі шиферу є складові, одержані на основі силікатів (цемент), і силіконові модифікатори проявлятимуть високу спорідненість до шиферу. А наявність у складі модифікуючих олігомерів вінільних груп дає змогу ініціювати процес їхньої полімеризації за допомогою іонізуючої радіації з мінімальними затратами енергії, що не забезпечується традиційним використанням хімічних ініціаторів та високих температур.

Установлено, що лише радіаційні технології дають можливість ініціювання полімеризації в глибинних шарах матеріалу з метою заповнення пор та поліпшення адгезії між компонентами шиферу. У результаті хімічної взаємодії силіконів із мінеральними компонентами в поровому просторі шиферу формуються органо-силікатні сітки з контрольованими структурою та ступенем зшивки й відбувається коагуляція пор основного матеріалу. Це перешкоджатиме карбонізації шиферу та проникненню води, солей, кислот, основ, які спричиняють деструкцію матеріалу. Для нової технології підібрано оптимальні суміші рідких нетоксичних олігомерів, ефективні для модифікування внутрішньої структури шиферу та розроблено радіаційну технологію їхньо-

го тверднення в товщі матеріалу.

4. За наявною інформацією перспективними для промислового впровадження дослідженої технології є вітчизняні силіоксанові олігомери (силани) українського виробництва. Гідрофобні плівки з цих силіоксанів, за даними виробника, мають підвищену адгезію до мінеральних конкрецій цементних матеріалів, еластичні при температурах від -50 до +230 °С, стійкі до дії води, озону, світла, а також ряду інших атмосферних факторів.

Завдання проектування відповідних промислових технологічних регламентів лише в тому, щоб забезпечити їхнє введення до складу шиферу та полімеризувати у внутрішньому об'ємі виробів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Іванов В.С.* Радиационная химия полимеров: учеб. пособие. - Л.: Химия, 1988. - 320 с.
2. *Гордиенко В.П.* Радиационная химия и технология мономеров и полимеров. - К.: Наук. думка, 1985. - С. 199 - 205.
3. *Пикаев А.К.* Современная радиационная химия: Твердое тело и полимеры. Прикладные аспекты. - М.: Наука, 1987. - 448 с.
4. *Сахно В.І.* Діагностика пучка в радіаційно-технологічній установці з лінійним прискорювачем електронів // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерно-физические исследования. - 1999. - № 4(35). - С. 66 - 67.
5. *Сахно В.І., Зелінський А.Г., Томчай С.П. та ін.* Розробка технологічних процесів радіаційної модифікації фіброматеріалів з використанням прискорювачів заряджених частинок // Ядерні та радіаційні технології. - 2008. - Т. 5. - № 3. - С. 12 - 16.

Т. В. Ковалінська, В. І. Сахно, Ю. В. Іванов, Е. Г. Михнева, А. Г. Зелінський

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

РАДИАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРОФОБИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изложены результаты экспериментальных исследований для возможностей применения мегавольтных электронов в технологиях производства высококачественных гидрофобных материалов в строительной индустрии. Описана разработанная технология радиационно-химической гидрофобизации обычного шифера с целью получения на его основе нового типа влагостойкого и прочного композитного материала, который пока что не имеет аналогов в отечественном производстве.

Ключевые слова: радиационная технология, облучение, шифер, гидрофобизация, композитный материал.

T. V. Kovalinska, V. I. Sakhno, Yu. V. Ivanov, E. G. Mikhneva, A. G. Zelinsky

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

RADIATION TECHNOLOGY OF HYDROPHOBIZATION OF THE BUILDING MATERIALS

Results of the experimental research of the possibilities for using megavolt electrons in production technologies of high quality waterproof materials for building industry are presented. The technology of radiation-chemical hydrophobization of ordinary slate is described and developed by the authors, with the purpose of obtaining new type of moisture proof and durable composite material on its basis, which so far has no analogues in the domestic production.

Keywords: radiation technology, irradiation, hydrophobization, slate, composite material.

REFERENCE

1. *Ivanov V.S.* Radiation chemistry of polymers: textbook. - Leningrad: Khimiya, 1988. - 320 p. (Rus)
2. *Gordienko V.P.* Radiation chemistry and technology of monomers and polymers. - Kyiv: Naukova Dumka, 1985. - P. 199 - 205. (Rus)
3. *Pikaev A.K.* Modern Radiation Chemistry: Solid and polymers. Applied aspects. - Moskva: Nauka, 1987 - 448 p. (Rus)
4. *Sakhno V.I.* // Voprosy atomnoj nauki i tekhniki. Ser.: Yaderno-fizicheskie issledovaniya. - 1999. - No. 4(35). - P. 66 - 67. (Ukr)
5. *Sakhno V.I., Zelinsky A.G., Tomchay S.P. et al.* Development of technological processes of fibrematerials radiation modification using charged particles accelerators // Yaderni ta radiatsiini tekhnologiyi. - 2008. - Vol. 5, No. 3. - P. 12 - 16. (Ukr).

Надійшла 03.10.2016

Received 03.10.2016