УДК 620.168

М.М.Гивлюд, д.т.н., професор, Ю.В. Гуцуляк к.т.н., доцент, Т.Б.Юзьків, к.т.н., доцент, А.Л.Тодореску, ад'юнкт (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

СКЛАД І ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ВОГНЕСТІЙКОГО ВЕРМИКУЛІТО - СИЛІКАТНОГО КОНСТРУКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

Подані результати досліджень з оптимізації складу та технології одержання вермикуліто-силікатного конструційно-оздоблювального матеріалу широкого спектра застосування. Досліджено вплив різних факторів на технологічний процес та взаємодію в'яжучого з вермикулітом і армуючим компонентом. Визначено оптимальну рецептуру і технологічний режим виробництва, який дозволяє отримати матеріал з високими експлуатаційними показниками.

В цивільному і промисловому будівництві, та інших галузях широко застосовуються вермикулітові композиційні матеріали та вироби на їх основі. Вони характеризуються високими технічними і експлуатаційними властивостями і, крім того, відповідають вимогам протипожежної безпеки. Одним з таких матеріалів є вітчизняний матеріал, що виготовляється методом гарячого пресування з композиції на основі спучених порід та лужно-силікатного в'яжучого [1,2]. У суднобудуванні, наприклад, цей матеріал сертифікований і застосовується для формування приміщень, виготовлення дверних блоків, меблів тощо.

Метою роботи є оптимізація складу та вдосконалення технології виробництва негорючого композитного матеріалу густиною 300-700 кг/м^3.

В якості сировинних компонентів використовували: вермикуліт спучений (ГОСТ 12865-67), нефракціонований, а також розсіяний по фракціях; рідке скло (ГОСТ 13078-81) різної густини та в'язкості; спучений перлітовий пісок (ГОСТ 10832-83). Сировинними добавками служили гідрофобізатори, модифікатори та армуючі матеріали у вигляді емульсій, суспензій, порошків і диспергованих волокнистих матеріалів, що вводили в композиції на стадії їх приготування.

За оціночні показники якості було прийнято: горючість, межу міцності при статичному згині, сорбційну вологість, водопоглинання, які визначалися відповідно до діючих стандартів.

З метою покращення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей матеріалу до рівня сучасних технічних вимог були проведені дослідження, які включали: визначення оптимального співвідношення основних рецептурних компонентів (вермикуліт: в'яжуча речовина: затверджувач); вивчення впливу сировинних добавок (гідрофобізаторів, модифікаторів та армуючих речовин), а також удосконалення технологічних параметрів пресування (ступінь ущільнення матеріалу, час витримки у пресі, температура пресування тощо).

Відповідно до технологічного регламенту на проведення експериментальних робіт, виготовлення дослідних зразків композиційного матеріалу здійснювали шляхом послідовних операцій:

- приготування емульсій в'яжучої речовини шляхом диспергування у рідкому склі спеціальних добавок за присутності поверхнево-активних речовин (ПАР);
- змішування у лабораторному змішувачі твердих дисперсних сировинних компонентів із емульсією до одержання однорідної, рихлої, напівсухої маси композиції;
- формування із неї прес-ковдри у прес-формі:
- термопресування зразків розміром 250×20×20 мм на лабораторному пресі з наступною витримкою їх у прес-формі в стиснутому стані. протягом часу, необхідного для прогріву ;

- природне сушіння зразків в умовах, які виключають деформацію (у вертикальному положенні при температурі не вище 40-45°С), до постійної маси.

Експериментальні дані, які подані на рис.1 свідчать, що оптимальними (з погляду досягнутої міцності і водостійкості відповідних зразків) є прес-композиції, що містять у своєму складі не більше 30% (мас.) в'яжучої речовини. Зразки матеріалу із вмістом в'яжучої речовини менше 20% (мас.) відрізняються значною крихкістю, а зразки матеріалу із вмістом в'яжучої речовини більше 35-40% (мас.) високою об'ємною масою при одночасному зниженні міцності.

Відсутність у рецептурі затверджувача (за цих умов його масова частка пропорційно розподілена між компонентами) майже не впливає на показники міцності сухого матеріалу. У вологому стані такий матеріал майже повністю втрачає міцність. З цього погляду (із врахуванням співвідношення показників матеріалу: густина-міцність) найбільш оптимальною є композиція, яка вміщує 10 мас. % затверджувача. За умови семиденної витримки такого матеріалу у воді, його міцність на згин зменшується не більше ніж на 10%.

Заміна нефракційонованого вермикуліту у досліджуваній рецептурі на фракціонований забезпечує суттєве підвищення міцності матеріалу порівняно з вихідними (у середньому не менш ніж на 20-25%). Як випливає із результатів, наведених на рис. 2, зразки матеріалу (з густиною від 500 до 700 кг/м³) на основі пилоподібної фракції (максимальний розмір частинок до 0,6 мм) відрізняються дуже низькими значеннями міцності. Зразки матеріалу із заданою густиною 350 кг/м³ з такої фракції вермикуліту виготовити практично не можливо. Найкращі характеристики мають зразки матеріалу підвищеної густини, виготовлені з застосуванням фракції 1-2 мм. Для виготовлення більш легкого матеріалу краще використовувати вермикуліт фракції 3-5 мм.

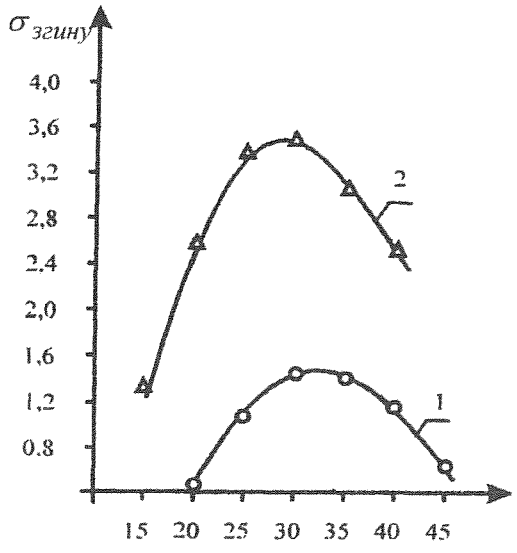

Рис. 1. Вплив вмісту в'яжучої речовини на характеристики міцності композиту густиною (кг/м³): 1 – 400 ± 5% і 2 – 700 ± 5%.

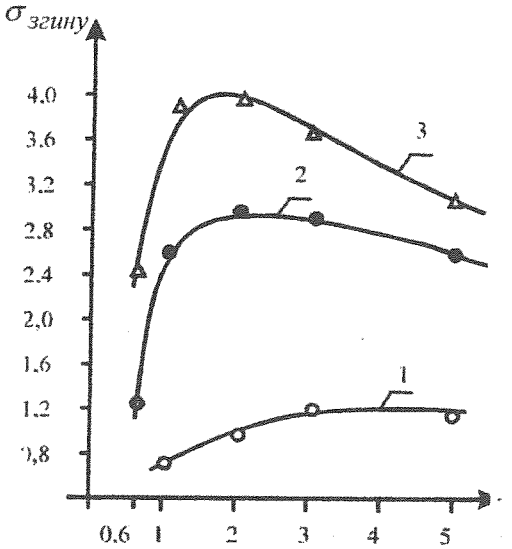

Рис. 2. Залежність показників міцності композиту густиною(кг/м³): 1- 350±5%; 2 - 500±5%; і 3 - 700±5% від фракційного складу вермикуліту

Безумовно, як свідчать літературні дані, найкращим армуючим компонентом (з погляду на технологічність, гомогенізацію прес-маси та властивості матеріалу) є азбест. Однак санітарно-гігієнічні норми значною мірою обмежують його застосування. Тому, як армуючий компонент були досліджені каолінові, вермикулітові та базальтові волокна, каолінова і базальтова вата. Армуючий компонент перед подрібненням попередньо обробляли розчином ПАР, висушували і роздрібнювали на частки завдовжки приблизно

5 мм. Застосування ПАР забезпечувало можливість роз'єднання волокон і наступне рівномірне їх розповсюдження між частинками наповнювача при перемішуванні.

Застосування армуючого компоненту нівелює внутрішні напруження у матеріалі, запобігає появі мікротріщин на поверхні матеріалу під час охолодження, суттєво підвищує його фізико-механічні властивості і гарантує при цьому отримання високоякісного продукту.

Згідно з даними табл. 1, введення до складу обмеженої кількості спученого перліту замість аналогічної кількості спученого вермикуліту (не більш 10 мас % від маси композиції) сприяє поліпшенню міцнісних характеристик матеріалу при одночасному зниженні об'ємної маси виробу.

Таблиця 1

Вплив добавок спученого перліту на властивості матеріалу

Вміст перліту, мас. %	Густина матеріалу, кг/м³	Межа міцності при згині, МПа	Сорбційна вологість, мас. %
3,0	381	1,27	0,95
5,0	370	1,34	1,02
10,0	354	1,42	0,98
15,0	350	1,23	1,52
20,0	346	1,17	2,07
30,0	338	0,96	3,14

Позитивний вплив на властивості матеріалу має застосування модифікатора, а саме рідкого скла (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив модифікаторів в'яжучої речовини на міцність матеріалу

Матеріал, густиною, кг/м³	Значення межі міцності на згин, МПа, для зразків матеріалу, який виготовлено із використанням		
	немодифікованого рідкого скла	модифікованого рідкого скла	
		полівінілацетатом	карбамідом
300 ± 5%	0,95	1,17	1,33
500 ± 5%	2,09	2,45	2,82
700 ± 5%	3,43	3,82	4,56

Як випливає з даних рис. 3, оптимальним температурним режимом є пресування в інтервалі температур 120-140°С при витримці виробу в прес-формі протягом періоду, розрахованого зі співвідношення 1÷1,5 хвилини на 1 мм товщини виробу.

У процесі пошуку оптимальної рецептури та режимів пресування, з метою з'ясування причин впливу різних факторів на природу взаємодії компонентів прес-композиції, були проведенні термогравіметричні, петрографічні й електронно-мікроскопічні дослідження вихідної сировини (спучений вермикуліт Ковдорського родовища) і його композицій на силікатній в'яжучій речовині (рідкому склі - Na_2SiO_3).

Проби вихідного вермикуліту мають такі термогравіметрічні характеристики: при 80-100 °С він втрачає кристалізаційну воду, при 200°С – хімічно-зв'язану воду, а при 790°С необоротно руйнується, перетворюючись у енстатит (загальна втрата маси до 16 %).

Силікатне в'яжуче основну масу води (53,2 мас. %) втрачало в два етапи при Т = 110 і 450°С, а при подальшому нагріванні мали місце два поліморфних переходи при Т = 560 і 590°С. При температурі 630°С розкладання відбувалось із втратою маси 2,5 мас. %.

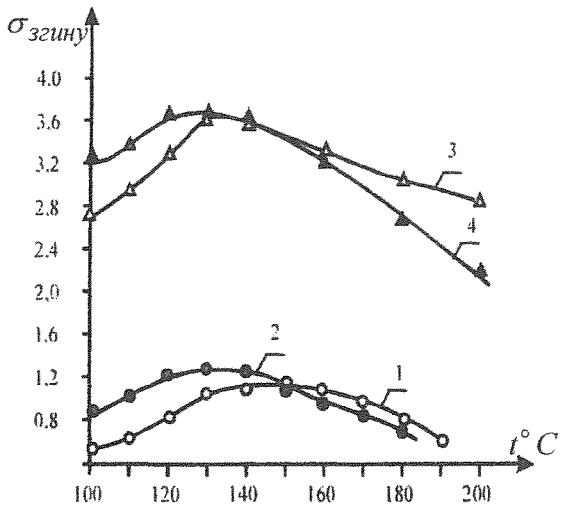

Рис. 3. Вплив температури та часу пресування в хв.: (1.3 - 5; 2,4) - 30 на міцність композиту густиною (кг/м^3): 1,2 - 400±5% і 3,4 - 700±5%.

На термограмах зразків композитного матеріалу чітко спостерігаються тільки ефекти в'яжучої речовини і вермикуліту на основі чого можна зробити висновок про відсутність хімічної взаємодії в'яжучого з вермикулітом. Однак не виключено, що продукти взаємодії можуть мати ефекти, що збігаються з ефектами вихідних сировинних компонентів.

Тому було проведено петрографічне дослідження структури проб вермикуліту і зразків композиту при збільшенні у 20 та 200 разів.

За результатами такого дослідження, вермикуліт є мінералом класу силікатів із структурною формулою $4{,}5H_2O{-}Mg_{0,3\text{-}0,4}(Al_2O_6)(Mg,Fe,Al)_6O_{20}(OH)_4$ і являє собою триоктаедричну гідрослюду, у міжпакетному просторі якої знаходяться обмінні катіони з оболонкою з молекул води. Досліджені проби вермикуліту являли собою кристали пластинчастого типу псевдогексагональної форми, слабко плеохроїчні, Ng = 1,565±0,005, Np = 1,535±0,005. Колір від бронзово-жовтого до ясно-сірого.

Досліджували зразки композиту різної густини, відпресованого при однаковому режимі (температура 150°С, час пресування 30 хвилин). При цьому композит готували при наступному співвідношенні компонентів 60:30:10 (спучений вермикуліт-рідке скло-натрій гексафлуоросилікат). Густина одержуваного матеріалу варіювалася в межах від 400 до 1200 кг/м^3.

Встановлено, що структура досліджуваних зразків представлена тонкими прошарками в'яжучого і вермикуліту бронзово-жовтого і ясно-сірого кольору розміром від 1 до 3 мм, з'єднаного склом більш темного кольору. При низьких значеннях густини (400-500 кг/м^3) матеріал дуже пористий, об'єм пор сягає 50%, а зерна вермикуліту мають чіткі геометричні розміри, блискучу недеформовану поверхню. Зі збільшенням густини матеріалу до 800-850 кг/м^3 зменшується об'єм пор до 5-10%, розмір зерен вермикуліту, а форма зерен заокруглюється. Появляється значна кількість розпушених зерен вермикуліту за рахунок руйнування міжпакетних зв'язків, що підтверджує можливість виділення молекулярної води з ростом тиску в область більш низьких температур: з 200-300°С до 150°С. З'являється значна кількість дрібнокристалічного матеріалу білого чи молочно-білого кольору, що заповнює пори й покриває поверхню зерен вермикуліту.

При збільшенні густини матеріалу до 1200 кг/м^3 було отримано практично максимальну щільність упакування зерен вермикуліту і, відповідно, мінімальну пористість. Структура такого матеріалу має єдину блискучу поверхню, де всі зерна вермикуліту і прошарки між ними заповнені склом темно-сірого кольору.

За допомогою електронного мікроскопа був досліджений вплив температури пресування (110°С до 180°С) композитного матеріалу на силікатному в'яжучому. Дослідження проводили на свіжому сколі проби при збільшенні у 1000 та 2000 разів, які показали, що руйнування матеріалу при відколі відбувається, як правило, по прошарку в'яжучого. На всіх фотографіях відсутні пластини вермикуліту.

Встановлено, що при низьких температурах пресування (до 110°С) в'яжуче знаходиться в аморфному стані. При збільшенні температури пресування до 180°С, прошарки в'яжучої речовини сильно розпушуються парами води, і представляють собою конгломерати безформних пластинчастих частинок, що мають форму подібну до „стільникової". Розмір частинок знаходиться в межах 1-2 мк до 12-20 мк.

Проведені дослідження дозволили визначити оптимальний рецептурний склад високотехнологічних прес-композицій, які забезпечують підвищені фізико-механічні показники отриманого матеріалу. Результати випробувань експлуатаційних властивостей матеріалу наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Експлуатаційні показники конструкційно-оздоблювального матеріалу

Назва показників і одиниці вимірювання	Значення фізико-механічних і технічних показників для матеріалу густиною (кг/м³)		
	300±5%	500±5%	700±5%
1. Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К	0,11	0,12	0,14
2. Межа міцності на згин, МПа	1,6	3,5	5,5
3. Водопоглинання, %	25	20	20
4. Вогнестійкість, год.	2,5	2,5	2,5
5. Горючість	негорючий	негорючий	негорючий

Результати випробувань, подані у табл. 3, свідчать про значне підвищення властивостей конструкційного-оздоблювального вермикуліто-силікатного матеріалу. В той же час, досягнений рівень значною мірою обмежений можливостями застосування в'яжучої речовини. Тому дослідження шляхів вдосконалення якості в'яжучого і, відповідно, направлене регулювання властивостей композитного матеріалу є предметом подальших досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. *Пат 37776А Україна, МПК 7 СО4В28/26, ЕО4В1/74 / В.Д. Пугачов, Ю.А.Пасько, О.Г. Невинський та ін. – Опубл. 15.05.2001, Бюл. №4.*
2. *Пат. 54130А Україна, МПК 7 СО4В28/26, ЕО4В1/74 / О.Г.Невинський – Опубл. 17.02.2003, Бюл.*

УДК 614.842: 658.382.

Б.О.Білінський, к.т.н., І.В.Дворянин, к.т.н, доцент, О.Л.Мірус к.х.н., доцент (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності) Н.В.Ступницька, к.т.н., доцент, (Національний університет "Львівська політехніка")

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ПОЖЕЖНО-ТАКТИЧНИХ НАВЧАНЬ ТА ЗАНЯТЬ

В статті розглядається методика математичного моделювання плану заходів запобігання травматизму у підрозділах Державної пожежно-рятувальної служби МНС України з врахуванням особливості та специфіки службової діяльності конкретного підрозділу. Запропонована методика може використовуватись при створенні автоматизованої системи планування заходів запобігання виробничого травматизму.

Основою для формування структурної складової підготовки особового складу Державної пожежно-рятувальної служби МНС України під час проведення навчань та занять оптимізувати заходи з охорони праці є "Тимчасова настанова з організації професійної підготовки працівників органів управління та підрозділів МНС України". Цим документом