

Римар Т. Е.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
([пр. Центральний, 59а, Сєвєродонецьк, 93400 Україна](http://www.centralskyi.com); e-mail: rymartaryana1975@gmail.com;
<https://orcid.org/0000-0001-9724-8640>)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ РІДИННОГО СКЛА

Композиційні матеріали на основі рідинного скла у вигляді різних теплоізоляційних виробів отримують на основі гранульованих продуктів за допомогою їх контактного омонолічування різним зв'язуючим. Однак такі матеріали мають низьку міцність та водостійкість. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є застосування нових і нетрадиційних видів енергії до яких відноситься НВЧ випромінювання, яке дозволяє поліпшити експлуатаційні властивості виробів за рахунок модифікації структури рідинноскляної матриці під впливом її опромінення даним видом енергії. З застосуванням НВЧ випромінювання вдається отримати композиційні теплоізоляційні матеріали на основі рідинного скла з кращим комплексом експлуатаційних властивостей, при більш низьких енергетичних витратах на їх виробництво ніж у разі традиційного конвективного нагріву.

Ключові слова: композиційні теплоізоляційні матеріали; НВЧ випромінювання; конвективний нагрів; рідинноскляна композиція; спучування; експлуатаційні властивості.

Вступ. Композиційні теплоізоляційні матеріали (ТІМ) на основі рідинного скла (РС) зазвичай отримують шляхом контактної омонолічування спучених рідинноскляних гранул (склопор, силіпор) зв'язуючим та виготовлення виробів у вигляді блоків, плит, напівциліндрів та ін. Технологія виготовлення композиційних виробів полягає у підготовці зв'язуючого, приготуванні формувальної маси з гранул і зв'язуючого, формуванні виробу і створенні умов для швидкого отвердження зв'язуючого [1]. Як зернисті заповнювачі можуть бути використані також природні мінеральні матеріали (перліт, вермикуліт, трепел), які омонолічують рідинноскляним зв'язуючим [2]. До недоліків таких композиційних матеріалів можна віднести їх низьку міцність та водостійкість.

Більш високими міцнісними показниками та водостійкістю відрізняються алюмосилікатні лужні матеріали, які розроблено науковою школою В.Д. Глуховського [3-4], оскільки моделюють синтез цеолітів і гідрослюд. Їх називають «грунтосилікат», «грунтоцемент», «геоцемент» та отримують за допомогою реакції взаємодії алюмосилікатної сировини (шлаки, зола-винесення, глинисті матеріали та ін.) із сполуками лужних металів (карбонати, гідроксиди, силікати). Розвиток такі матеріали отримали у роботах французької школи Дж. Давидовича [5], що ввів поняття «геополімер», який визначається як матеріал, що походить від неорганічної поліконденсації, тобто шляхом так званої «геополімеризації», як результат лужної активації алюмосилікатних матеріалів.

Вченими Київського національного університету будівництва і архітектури: П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьовою та М.В. Суханевич [6] було встановлено, що лужні алюмосилікатні композиції мають здатність до спучення при випалюванні за рахунок видаленням хімічно та фізично зв'язаної води з цеолітоподібних новоутворень та розроблено легкий спучений заповнювач, який одержано за технологією виробництва склопору, на основі натрієвого рідинного скла, метаколіну та силікатвміщуючих відходів виробництва металічного кремнію, з коефіцієнтом спучення $K_c > 3$; міцністю при стиску у циліндрі 0,65-0,75 МПа та насипною густиною 120-140 кг/м³. На основі даного заповнювача та реакційних сумішей, що спучуються розроблено теплоізоляційний матеріал ніздрюватої структури з підвищеними експлуатаційними властивостями: коефіцієнтом теплопровідності 0,04-0,065 Вт/(м·К) і міцністю при стиску 3,8...4,2 МПа.

У роботах К.К. Пушкарьової, О.А. Гончар, А.І. Борисової [7-9] пропонуються склади теплоізоляційних матеріалів на основі модифікованих алюмосилікатних композицій та штучних пористих заповнювачів (спученого вермикуліту, спученого перліту, базальтової луски, мулітокремнеземистого волокна, сіопору та пораверу), що здатні до спучення в заданих інтервалах температур (200...600°C), характеризуються середньою густиною в межах 200...500 кг/м³, теплопровідністю 0,04...0,16 Вт/(м·К), міцністю при стиску 1,0...4,75 МПа. А у роботі цих авторів і Ейне І.А. [10] встановлена можливість отримання ефективних теплоізоляційних матеріалів на основі лужних алюмосилікатних композицій та легкого заповнювача сіопору з середньою густиною в межах 250...260 кг/м³, теплопровідністю 0,051...0,057 Вт/(м·К), міцністю при стиску 0,735...0,98 МПа.

Такими вченими, як Кривенко П.В., Гузій С.Г., Горбунова І.А. [11-12] на основі спіненних алюмосилікатних в'язучих речовин та перлітового піску розроблено склади теплоізоляційних поризованих бетонів, а у роботах Кривенко П.В. і Ковальчук Г.Ю. [13-14] такі газобетони пропонується виготовляти з застосуванням золи-виносу. Вони характеризуються середньою густиною 300...1100 кг/м³, міцністю при стиску 0,6...2,1 МПа, підвищеною термостійкістю та можуть бути використані для теплоізоляції високотемпературного устаткування.

Однак при усіх перевагах алюмосилікатних пористих матеріалів, слід зазначити суттєві недоліки технологій їх виробництва, а саме, випал алюмосилікатної матриці відбувається впродовж тривалого часу (1-6 год) за високих температур, порядку 300-900 °С, а також те, що готову алюмосилікатну композицію перед спученням слід витримувати впродовж декількох діб, це пов'язано із впливом процесу старіння гелевих сумішей на кінетику кристалізації новоутворень. Так, наприклад, роботах [11-12] при отриманні пінобетону сформовані зразки спочатку витримують за нормальних умов впродовж доби, потім підсушують також впродовж доби при температурі 100 °С, а потім випалюють при 800 °С протягом 2 годин, а у роботах [8-10] зразки перед спученням витримують впродовж 6 діб. Тривалість ізотермічного витримання зразків у роботах [13-14] становила 6 годин. До того ж алюмовмісні компоненти, такі як метакаолін й ін., мають високу вартість.

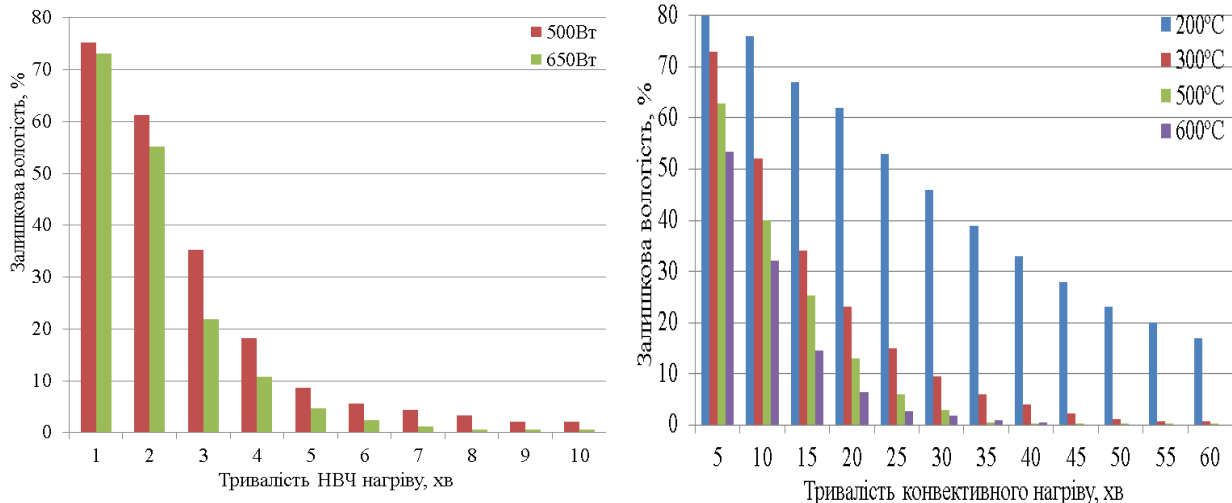
Тому представляється актуальним пошук більш спрощеної технології виробництва композиційних ТІМ на основі рідинного скла. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є застосування нових і нетрадиційних видів енергії до яких відноситься НВЧ випромінювання, яке дозволяє поліпшити експлуатаційні властивості виробів за рахунок модифікації структури рідинноскляної матриці під впливом її опромінення даним видом енергії. Застосувавши НВЧ технологію спучення РСК, перевагою якої є можливість об'ємного нагріву зсередини матеріалу, можна досягти зменшення тривалості процесу спучення РСК та його проведення при більш низьких температурах. Завдяки швидкому і інтенсивному об'ємному розігріву можна застосувати технологію одночасного спучення гранульованого напівфабрикату та зв'язуючого, що дозволяє отримати однорідно структурний та об'ємно омонолічений матеріал, який представляє собою не окремо склеєні гранули, а монолітний блок.

Матеріали і методи досліджень. Рецепт для виготовлення зв'язуючого складається з рідинного скла, наповнювача - оксиду цинку, отверджувача – напівводного гипсу, газоутворювача – пероксиду водню. Гранульований матеріал отримують на основі рідинного скла і оксиду цинку.

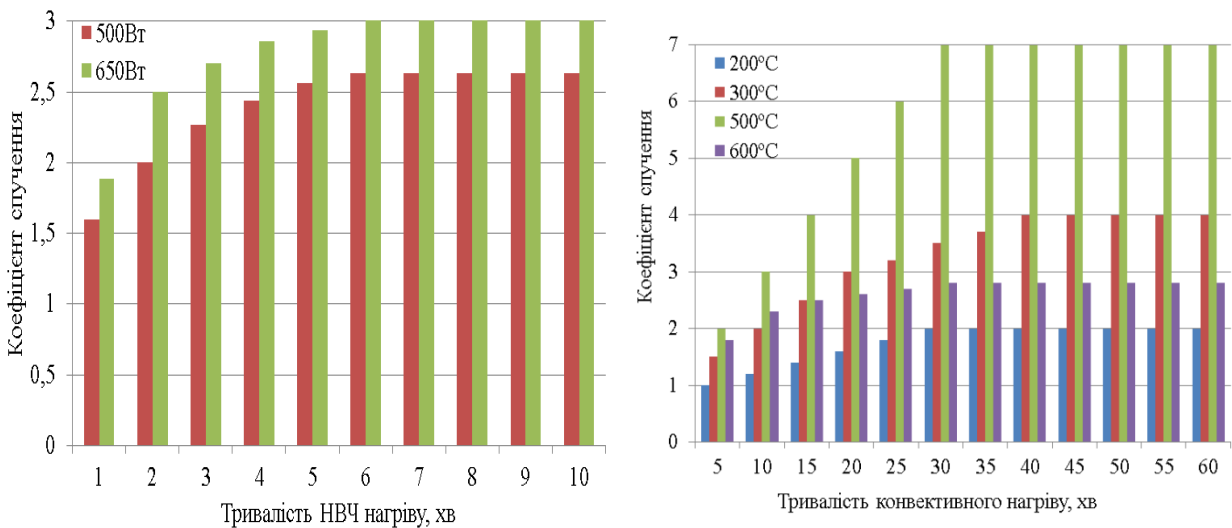
У даній роботі проводиться порівняльна оцінка основних властивостей композиційних ТІМ, виготовлених під дією НВЧ випромінювання і при традиційному конвективному нагріві. Проведення досліджень відбувалось в НВЧ установці із стандартною робочою частотою, яка становить 2,45 ГГц, при вихідній потужності 300, 500, 650 Вт, яким відповідають температури зразків 55-60, 100-110, 115-120 °С та у муфельній пічі при температурах 100, 200, 300, 500, 600 °С.

Необхідно зауважити, що при потужності НВЧ випромінювання 300 Вт і температурі конвективного нагріву 100 °С спучення рідинноскляних композицій (РСК) не відбувається, а відбувається лише сушка матеріалу з поступовою втратою вільної та зв'язаної води. Тому експериментальні дані для даних режимів процесу спучення не наводяться. Мінімальна температура конвективного нагріву при якій відбувається спучення РСК становить ~200 °С, тоді як при НВЧ випромінюванні ця температура ~ 100 °С.

Результати дослідження. Оскільки завдяки об'ємному нагріву і механізму нетеплової дії НВЧ випромінювання на оброблювальні об'єкти значно знижується тривалість їх нагріву представляється необхідним дослідити швидкість видалення води при спученні РСК. Для цього була визначена залежність зміни залишкової вологості та коефіцієнту спучення композиційного ТІМ від параметрів НВЧ і конвективного нагріву (рис. 1-2).



а) б)
Рис. 1. Залежність залишкової вологості від параметрів НВЧ (а) і конвективного (б) нагріву



а) б)
Рис. 2. Залежність коефіцієнту спучення від параметрів НВЧ (а) і конвективного (б) нагріву

З наведених даних видно, що при потужності НВЧ випромінювання 500 Вт, яка відповідає температурі 100-110 °С, процес спучення протікає достатньо інтенсивно на відміну від конвективного нагріву, де спучення практично взагалі не відбувається. Коефіцієнт спучення при цьому дорівнює 2,63, а залишкова вологість знижується до 2,15 %. При конвективному нагріві спучення РСК спостерігається лише при температурі 200 °С, але

переважно за рахунок спучення зв'язуючого, спучення гранул практично не відбувається, оскільки тривалий прогрів викликає втрату молекулярно зв'язаної води, в результаті чого поризаційна здатність гранульованих РСК значно знижується.

Зі збільшенням потужності НВЧ випромінювання і температури конвективного нагріву швидше відбувається видалення води і збільшення коефіцієнту спучення, однак за виключенням процесу спучення при температурі 600 °С. Так, при даній температурі кратність спучення композиційного матеріалу менше в порівнянні з температурами 200-500 °С, що пояснюється кристалізацією силікату натрію. До того ж зовнішній вигляд такого матеріалу представляє собою відокремлені гранули склеєні зв'язуючим, а не монолітний блок. Під дією НВЧ випромінювання набагато швидше відбувається процес спучення і видалення води завдяки збільшенню швидкості коливання і тертя молекул води, що містяться у РСК, і постійне значення маси досягається швидше. Так при максимальній потужності випромінювання 650 Вт (яка відповідає температурі 115-120 °С) вже через 8 хв. процес завершується, коефіцієнт спучення при цьому становить ~3, а залишкова вологість 0,56% (при початковій вологості РСК ~80%). Найбільш близьким за коефіцієнтом спучення і залишковою вологістю до даного матеріалу є матеріал, отриманий при конвективному нагріві при температурі 300 °С. Однак даної кратності спучення РСК досягає через 20-30 хв. нагріву, максимальна ж кратність спучення сягає значення 4 через 40 хв. Але слід зауважити, що в процесі спучення відбувається розтріскування матеріалу, особливо верхніх шарів. Найбільш інтенсивно процес спучення протікає при температурі конвективного нагріву 500 °С. Коефіцієнт спучення сягає значення 7, але в процесі спучення матеріал також розтріскується, що призводить до зниження його міцності. До того ж всі процеси, які протікають при конвективному нагріві, для досягнення матеріалом постійної маси слід проводити впродовж ~1 год.

Таким чином застосування НВЧ випромінювання при спученні композиційних матеріалів дозволяє не лише зменшити тривалість і температуру процесу спучення в порівнянні з традиційним конвективним нагрівом, але і отримати матеріали з більш однорідною структурою, і, як наслідок, більш високими експлуатаційними властивостями. Основні властивості композиційних матеріалів залежно від параметрів НВЧ і конвективного нагріву наведені на рис 3-7.

Випробування на водостійкість і міцність проводилось на зразках, які мають достатню структурну міцність, тому для даних досліджень не були використані зразки, спучення і отвердження яких відбувалось впродовж 1-2 хв. під дією НВЧ випромінювання та 5-15 хв. при конвективному нагріві.

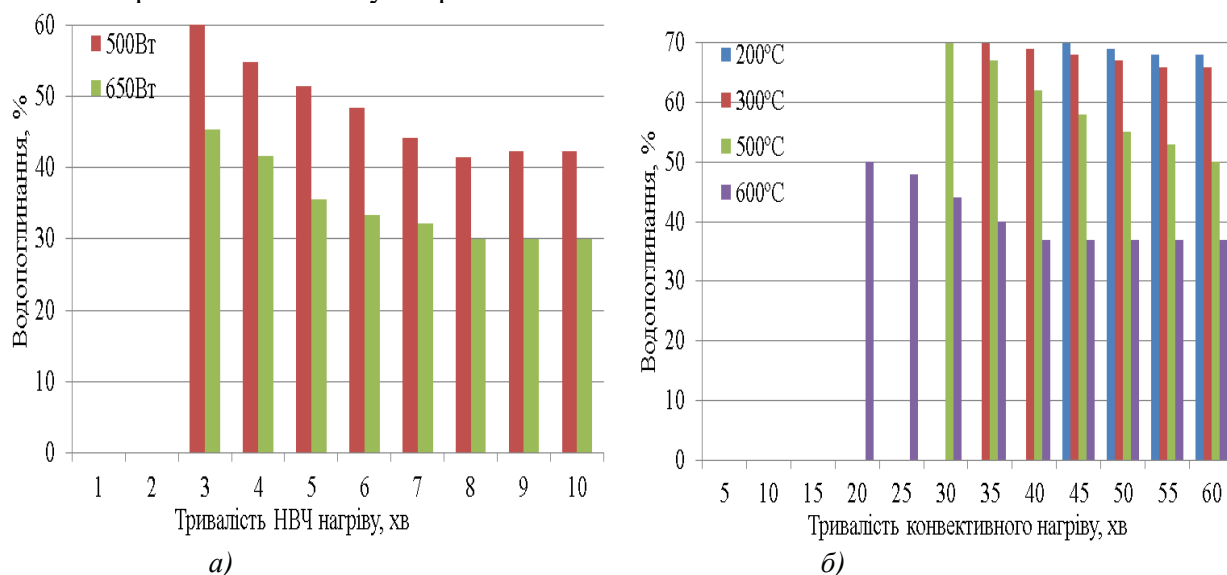


Рис. 3. Залежність водопоглинання від параметрів НВЧ (а) і конвективного (б) нагріву

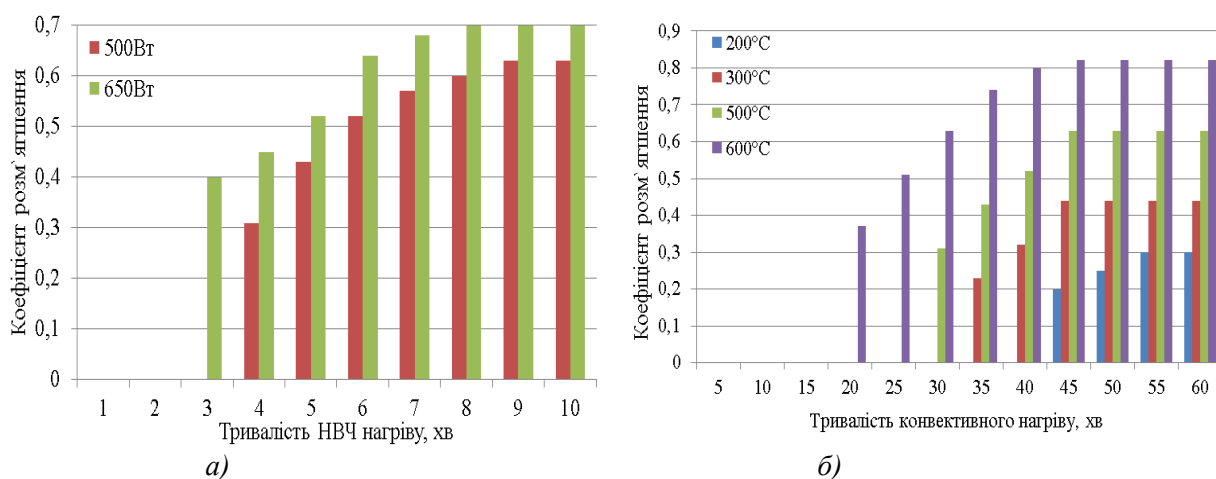


Рис. 4. Залежність коефіцієнту розм'якшення від параметрів НВЧ (а) і конвективного (б) нагріву

Завдяки утворенню під дією НВЧ випромінювання ущільненого поверхневого шару та переважно закритопористої структури ТІМ показники водопоглинання таких зразків мають у 1,5-2 рази менші значення ніж у випадку конвективного нагріву. Навіть при найбільшій температурі 600 °С водопоглинання через 45-60 хв. нагріву складає 37 %, тоді як при дії НВЧ випромінювання на зразки впродовж 8-10 хв. водопоглинання складає 30 %. Зразки, отримані при температурі 200-500 °С мають велике водопоглинання (50-70%) через утворення неоднорідної відкритопористої структури. Коефіцієнт розм'якшення в них також занадто низький, від дорівнює 0,3-0,6, тому такі матеріали не є водостійкими. Найбільш водостійкими є матеріали отримані при температурі 600 °С, значення коефіцієнта розм'якшення у них дорівнює 0,82. Матеріали отримані під дією НВЧ випромінювання при потужності 650 Вт є обмежено водостійкими оскільки коефіцієнт розм'якшення їх становить 0,7.

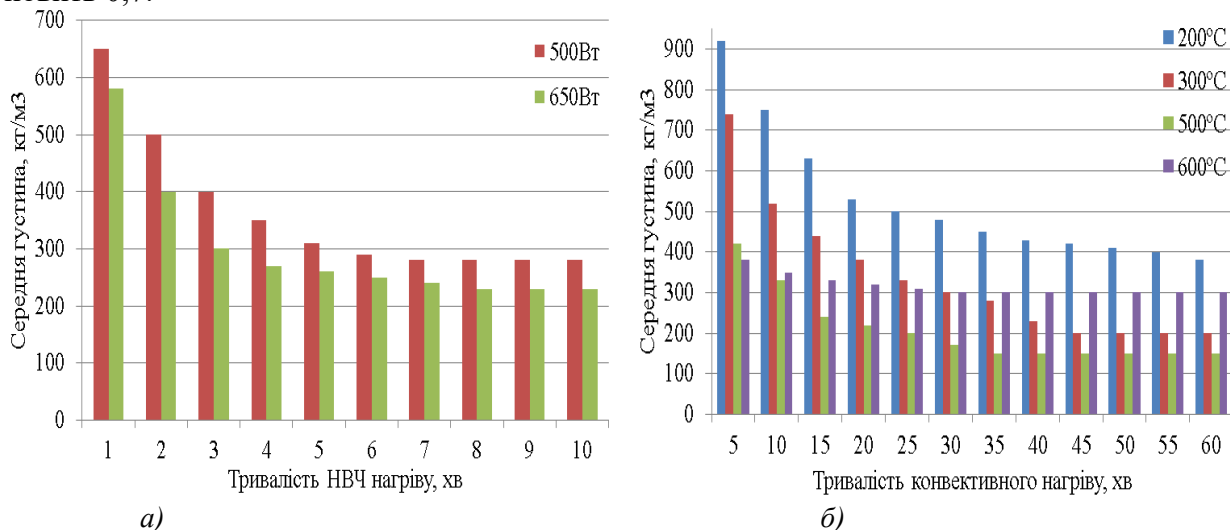


Рис. 5. Залежність середньої густини від параметрів НВЧ (а) і конвективного (б) нагріву

З даних рис. 5 видно, що зі збільшенням температури і тривалості термообробки, як у разі НВЧ, так і у разі конвективного нагріву спостерігається зниження середньої густини композиційного матеріалу, що узгоджується з показниками коефіцієнтів спучення, при цьому нагрів РСК під дією МХ випромінювання сприяє повнішому виходу хімічно зв'язаної води і утворенню високопористого матеріалу з низькою середньою густиною. Так середня густина композиційного ТІМ, отриманого під дією НВЧ випромінювання потужністю 650 Вт складає 230 кг/м³. Близьке значення середньої густини (200 кг/м³) мають зразки,

отримані при 300 °С конвективного нагріву, однак їх фізико-механічні властивості значно нижчі. Якщо дослідити процес спучення при температурі 600 °С, то видно, що при даній температурі значно активується процес отвердження РСК, що ускладнює спучення матеріалу, оскільки, як було зазначено вище, відбувається кристалізація силікату натрію, внаслідок чого середня густина таких зразків має в 2 рази менше значення ніж при температурі 500 °С, та складає 300 кг/м³, тоді як при температурі 500 °С – всього 150 кг/м³, а зі зниженням середньої густини відбувається зниження міцності ТІМ.

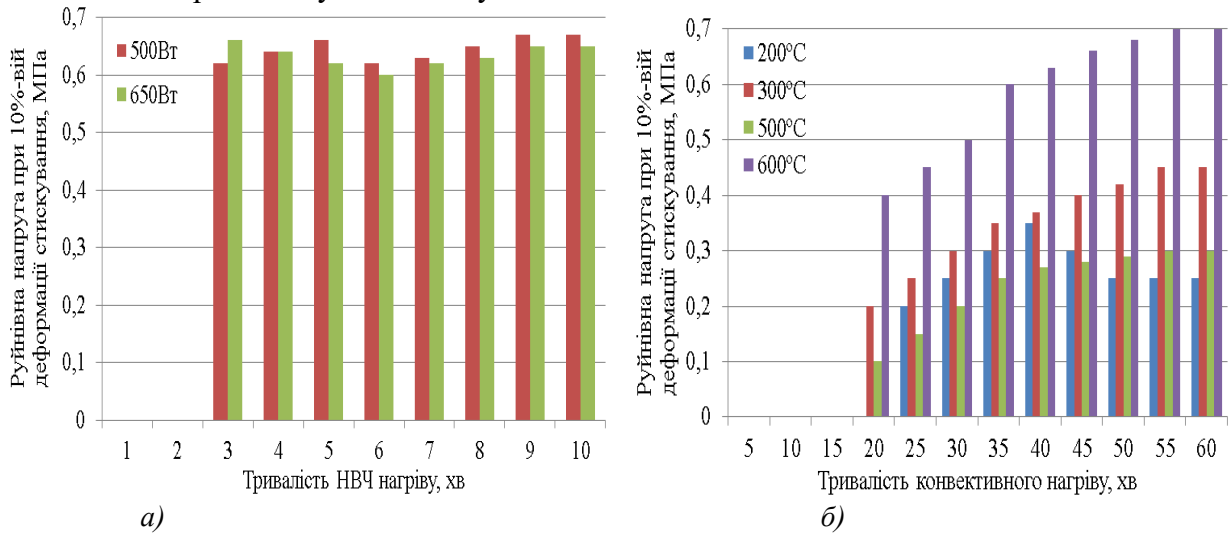


Рис. 6. Залежність руйнівної напруги при стискуванні від параметрів НВЧ (а) і конвективного (б) нагріву

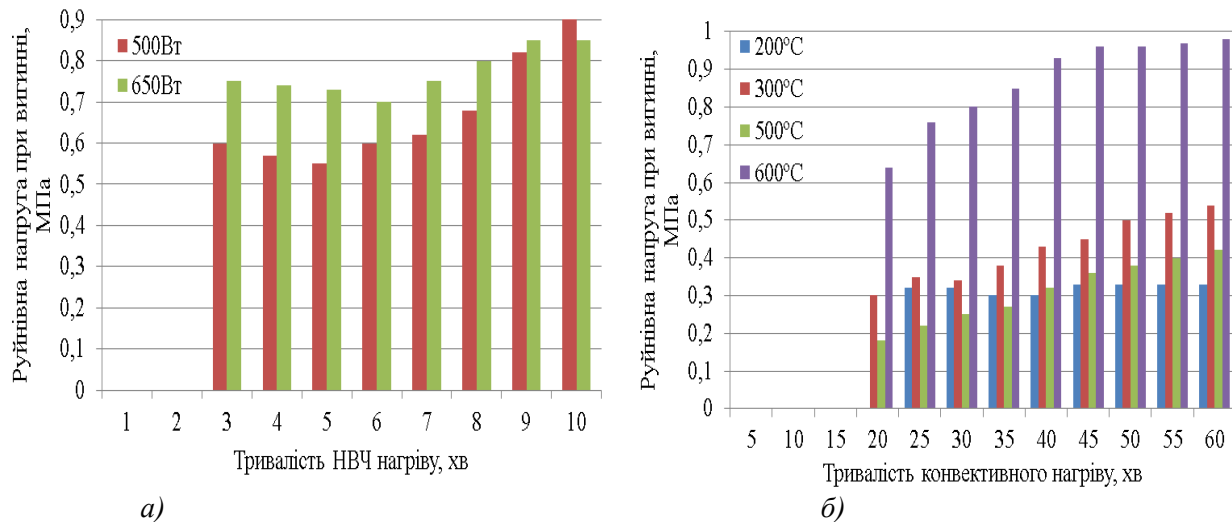


Рис. 7. Залежність руйнівної напруги при вигині від параметрів НВЧ (а) і конвективного (б) нагріву

При конвективному нагріві, зі збільшенням тривалості термообробки міцність композиційних матеріалів зростає, і не зважаючи на те, що процес спучення в більшості випадків після 30 хвилинної термообробки вже закінчується, наростання міцності відбувається і далі, і свого постійного значення міцність досягає після годинної термообробки, що пояснюється процесами структуроутворення. При дії НВЧ випромінювання при збільшенні потужності випромінювання від 500 до 650 Вт міцність ТІМ змінюється незначно, але це пов'язано з більшою середньою густиною зразків на початку процесу спучення, оскільки процес спучення завершується після 8 хв. нагріву, і при потужності 500 Вт. При конвективному ж нагріві, не зважаючи на високі значення середньої густини матеріалів на початку процесу, значення їх міцності не високі.

Якщо порівнювати міцність зразків з однаковою середньою густиною, які отримані при потужності НВЧ випромінювання 650 Вт і при температурі конвективного нагріву 300 °С, можна відзначити, що руйнівна напруга при 10%-вій деформації стискування у випадку НВЧ випромінювання в 1,5 рази більше, а при вигині – в 1,7. До того ж тривалість термообробки більше майже вдсятеро, а температура процесу – майже втричі. Найбільш високі показники міцності мають матеріали отримані при температурі 600 °С, але середня густина таких зразків в 1,3 рази більше. До того ж через свою неоднорідну структури такі зразки мають високу теплопровідність. Так їх коефіцієнт теплопровідності дорівнює ~0,1 Вт/м·К, а для ТІМ, отриманих при НВЧ нагріві 0,05-0,055 Вт/м·К.

Висновки. З проведених досліджень можна зробити висновок, що найкращим комплексом експлуатаційних властивостей володіють композиційні ТІМ, отримані під дією НВЧ випромінювання при потужності 650 Вт. Необхідна тривалість такої термообробки складає 8-10 хв. Найбільш близькими до них за коефіцієнтом спучення є матеріали, отримані при конвективному нагріві при температурі 300 °С впродовж 1 год.

Таким чином, з застосуванням НВЧ випромінювання при виробництві композиційних ТІМ на основі рідинного скла, при більш низьких енергетичних витратах на їх виробництво, вдається отримати матеріали з кращим комплексом експлуатаційних властивостей, що пов'язано з ефектом нетеплової дії НВЧ випромінювання, який полягає в утворенні під дією НВЧ випромінювання поперечно-зшитої структури рідинного скла з менш дефектною низькомолекулярною фракцією, тоді як при конвективному нагріві, отвердження РСК не відбулося повністю, і зв'язуюче було лише висушеним.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Морозов А.П. Пенобетоны и другие теплоизоляционные материалы. Магнитогорск, 2008. 103 с.
2. Зин Мин Хтет, Тихомирова И.Н. Теплоизоляционные материалы на основе вспененного жидкого стекла. Успехи в химии и химической технологии. Т. XXXI. 2017. № 3. С. 34-36.
3. Глуховский В.Д. Грунтосиликаты. К.: Госстройиздат, 1959. 127 с.
4. Гоц В.І., Павлюк В.В., Шилюк П.С. Бетони і будівельні розчини: підручник. К.: Основа, 2016. 568 с.
5. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Наномодифицированные цементные бетоны. М.: Изд-во АСВ, 2017. 198 с.
6. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Суханевич М.В. Розробка фізико-хімічних основ направленного синтеза неорганических в'язучих в системі $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ для отримання екологічно-безпечних спучуваних матеріалів. Будівництво України, 1997. № 2. С. 46-49.
7. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І. Легкі теплоізоляційні бетони на основі модифікованих лужних алюмосилікатних композицій. Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка». Київ: НДІБМВ, 2011. Вип. 39. С. 137-140.
8. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І. Ефективні теплоізоляційні матеріали на основі лужних алюмосилікатних систем. Збірник наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А.С. Бережного». Харків, 2010. № 110. С. 582- 586.

REFERENCES:

1. Morozov A.P. Penobetonny y druhye teployzolyatsionnyye materyaly. Mahnytohorsk, 2008. 103 s.
2. Zyn Myn Khtet, Tykhomyrova Y.N. Teployzolyatsionnyye materyaly na osnove vspenennoho zhydkoho stekla. Uspekhy v khymyy y khymycheskoi tekhnolohyy. T. XXXI. 2017. № 3. S. 34-36.
3. Hlukhovskiy V.D. Hruntosylykаты. K.: Hoss-troyizdat, 1959. 127 s.
4. Hots V.I., Pavliuk V.V., Shyliuk P.S. Betony i budivelni rozchyny: pidruchnyk. K.: Osnova, 2016. 568 s.
5. Bazhenov Yu.M., Alymov L.A., Voronyn V.V. Nanomodyfytsyonannyye tsementnyye betony. M.: Yzd-vo ASV, 2017. 198 s.
6. Kryvenko P.V., Pushkarova K.K., Sukhanevych M.V. Rozrobka fizyko-khimichnykh osnov napravlenoho syntezu neorhanichnykh v'iazhuchykh v systemi $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ dlia otrymannia ekolohichno-bezpechnykh spuchuvanykh materialiv. Budivnytstvo Ukrainy, 1997. № 2. S. 46-49.
7. Pushkarova K.K., Honchar O.A., Borysova A.I. Lehki teploizolyatsiini betony na osnovi modifikovanykh luzhnykh aliumosylykatnykh kompozytsii. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika». Kyiv: NDIBMV, 2011. Vyp. 39. S. 137-140.
8. Pushkarova K.K., Honchar O.A., Borysova A.I. Efektyvni teploizolyatsiini materialy na osnovi luzhnykh aliumosylykatnykh system. Zbirnyk

9. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І., Самченко Д.М. Особливості спучування лужних алюмосилікатних композицій, модифікованих залізозміщуючими добавками. Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури «Сучасні будівельні матеріали», 2010. № 1(81). С. 67-72.
10. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І., Ейне І.А. Особливості отримання теплоізоляційних матеріалів на основі лужних алюмосилікатних композицій та сіопору. Будівельні матеріали та виробу, 2011. № 6 (71). С. 18-21.
11. Гузій С.Г. Особливості фізико-хімічних процесів структуроутворення вспінених алюмосилікатних в'язучих речовин і теплоізоляційних поризованих бетонів на їх основі. Вісник Національного університету «Львівська політехніка», 2007. № 602. С. 27-35.
12. Кривенко П.В., Гузій С.Г., Горбунова І.А. Теплоизоляционный бетон на основе щелочного поризованного алюмосиликатного связующего и вспученного перлитового песка. Ресурсо-економні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. Рівне: УДУВГП, 2003. Вип. 10. С. 47-51.
13. Кривенко П.В., Ковальчук Г.Ю. Лужне алюмосилікатне зв'язуюче на основі золи-виносу. Зб. наук. пр. Дніпропетр. держ. техн. ун-ту залізничного трансп. Серія «Будівництво», 1999. Вип. 7. С. 212-219.
14. Кривенко П.В., Ковальчук Г.Ю. Фізико-хімічні передумови отримання лужного алюмосилікатного зв'язуючого на основі золи-виносу. Композиційні матеріали для будівництва: Зб. наук. пр. Макіївка: ДонДАБА, 2000. Вип. 2 (22). С. 111-116.
9. Pushkarova K.K., Honchar O.A., Borysova A.I., Samchenko D.M. Osoblyvosti spuchuvannia luzhnykh aliumosylykatnykh kompozytsii, modifykovanykh zalizovmishchuiuchymy dobavkamy. Visnyk Donbaskoi natsionalnoi akademii budivnytstva i arkhitektury «Suchasni budivelni materialy», 2010. № 1(81). С. 67-72.
10. Pushkarova K.K., Honchar O.A., Borysova A.I., Eine I.A. Osoblyvosti otrymannia teplozoliatsiinykh materialiv na osnovi luzhnykh aliumosylykatnykh kompozytsii ta sioporu. Budivelni materialy ta vyroby, 2011. № 6 (71). С. 18-21.
11. Huzii S.H. Osoblyvosti fizyko-khimichnykh protsesiv strukturoutvorennia vspinenykh aliumosylykatnykh v'iazhuchykh rehovyn i teplozoliatsiinykh poryzovanykh betoniv na yikh osnovi. Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika», 2007. № 602. С. 27-35.
12. Kryvenko P.V., Huzyi S.H., Horbunova I.A. Teployzoliatsyonnyi beton na osnovе shchelochnoho poryzovannoho aliumosylykatnoho sviazuiushcheho y vspuchennoho perlytovoho peska. Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy: Zb. nauk. pr. Rivne: UDUVHP, 2003. Vyp. 10. S. 47-51.
13. Kryvenko P.V., Kovalchuk H.Iu. Luzhne aliumosylykatne zviazuiche na osnovi zoly-vynosu. Zb. nauk. pr. Dnipropetr. derzh. tekhn. un-tu zaliznychnoho transp. Seria "Budivnytstvo", 1999. Vyp. 7. S. 212-219.
14. Kryvenko P.V., Kovalchuk H.Iu. Fyzyko-khimichni peredumovy otrymannia luzhnoho aliumosylykatnoho zviazuichoho na osnovi zoly-vynosu. Kompozytsiini materialy dlia budivnytstva: Zb. nauk. pr. Makiivka: DonDABA, 2000. Vyp. 2 (22). S. 111-116.

Rymar T.E. INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION ON THE PROPERTIES OF COMPOSITE HEAT INSULATION MATERIALS ON THE BASIS OF LIQUID GLASS.

Composite materials on the basis of liquid glass in the form of various heat-insulating products receive on the basis of granulated products by means of their contact monolithic treatment with various binders. The binder in their manufacture is liquid glass or a mixture of it with special additives. However, such materials have low strength and water resistance. One of the ways to solve this problem is the use of new and unconventional types of energy, which include microwave radiation, which improves the performance of products by modifying the structure of the liquid glass matrix under the outflow of its irradiation with this type of energy. Applying microwave technology of swelling of liquid glass compositions which advantage is a possibility of volume heating from within material, it is possible to achieve reduction of duration of process of swelling and its carrying out at lower temperatures. Thanks to fast and intensive volume heating it is possible to apply technology of simultaneous swelling of the granulated semi-finished product and binder that allows to receive uniformly structural and volume monolithic material which represents not separately glued granules, and the monolithic block. Studies have shown the possibility of obtaining composite thermal insulation materials based on liquid glass with improved physical and mechanical characteristics due to the effect of non-thermal action of microwave radiation, which consists in the formation of microwave radiation cross-linked structure of liquid glass with less defective low molecular weight fraction. With the use of microwave radiation it is possible to obtain composite thermal insulation materials based on liquid glass with a better set of performance properties, with lower energy costs for their production than in the case of traditional convective heating.

Keywords: composite heat-insulating materials; microwave radiation; convective heating; liquid glass composition; swelling; operational properties.