

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

СТРУКТУРУВАННЯ ПІЩАНО-РІДКОСКЛЯНИХ СУМІШЕЙ МІКРОХВИЛЬОВИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Основними показниками нагрівання тіл мікрохвильовим випромінюванням є швидкість та однорідність підвищення їх температури. Крім цього мікрохвильове сушіння, в порівнянні з іншими способами (конвективним, радіаційним, сублімаційним та ін.), характеризується: високим коефіцієнтом корисної дії, коротким циклом, селективністю та безінерційністю нагріву, збігом у часі та просторі напрямків векторів вологості та температури в капілярно-пористих тілах, сталістю готовності обладнання до роботи та ін. [1-3 і т.д.].

На сьогоднішній час мікрохвильове сушіння ливарних форм та стрижнів використовують як додаткове сушіння (комбінування) до існуючих способів структурування піщано-рідкоскляних сумішей (CO₂-процес [4], ХТС з складними ефірами [5] і т.п.), так і самостійне структурування цих сумішей [6-9].

У роботі [4] наведені результати дослідження впливу чотирьох способів затвердіння на міцностні властивості піщано-рідкоскляних сумішей, серед яких CO₂-процес, конвекційна сушка в печі, мікрохвильова сушка на протязі 240 с з частою магнетрона 2,54 ГГц, комбінований метод поєднання CO₂-процесу з мікрохвильовою сушкою на протязі 240 с. Зразки для випробувань виготовляли із суміші, в яку понад 100% кварцового піску додавали 2,5% РС і 0,5% води за масою. Суміші ущільнювали трьома ударами копра. Результати визначення межі міцності на стиск та коефіцієнта крихкості зразків, розраховані за формулою $X_p = \frac{\sigma_{CT}}{\sigma_B}$ з використанням даних [4], представлені на рис. 1.

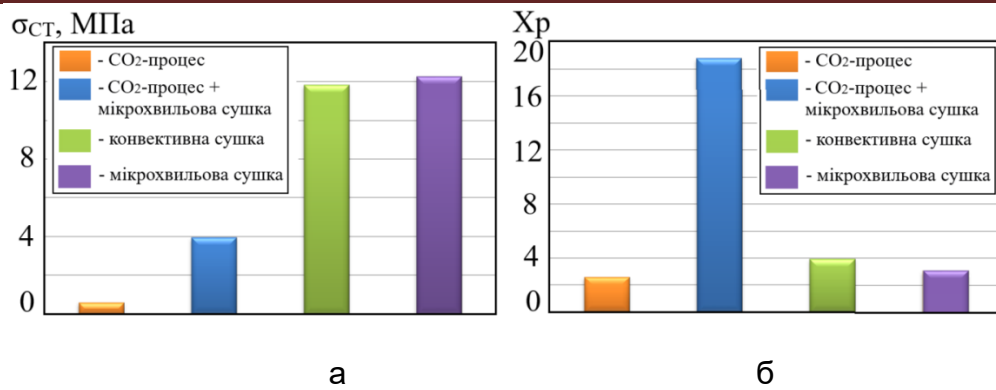


Рис.1 – Вплив методу затвердіння піщано-рідкоскляних сумішей на їх межу міцності на стиск (а) та крихкість (б)

З аналізу рис. 1. витікає, що найменшою крихкістю характеризується піщано-рідкоскляна суміш, висушена комбінованим методом, а найбільшою міцністю – піщано-рідкоскляна суміш, висушена конвекцією повітря в печі та мікрохвильовою обробкою. При цьому мікрохвильове сушіння дозволяє значно скоротити час процесу до рівня, порівнянного із структуруванням піщано-рідкоскляної суміші за CO₂-процесом.

У роботі [5] представлені результати досліджень впливу методу затвердіння на механічні та технологічні властивості піщано-рідкоскляних сумішей. Суміш №1 затверджували складними ефірами та поєднанням складних ефірів та мікрохвильового сушіння, суміш №2 – мікрохвильовим сушінням. Суміш №1 складалася з кварцового піску 100%, 0,4% рідкого затверджувача (діацетат етиленгліколь) та 3,5% рідкого скла. Суміш №2 складалася зі 100% кварцового піску, 3,5% рідкого скла та 0,5% води. Всі зразки із суміші № 1 витягували з форм через 50 хв після додавання рідкого скла до піску і протягом 4 хв гріли мікрохвильовим випромінюванням.

Вплив способу затвердіння та часу витримки на повітрі на міцність на вигин та обсіпальність, за даними [5], представлені на рис. 2.

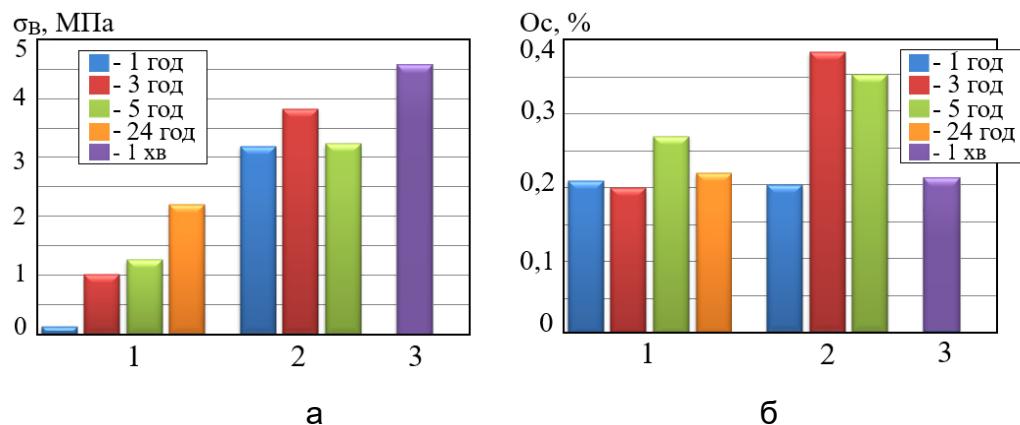


Рис. 2 – Вплив способу затвердіння та часу витримки на повітрі на міцність на вигин та обсіпальність

вигин (а) та обсипальність (б): 1 – суміш № 1 (затвердіння складними ефірами);

2 – суміш № 1 (затвердіння складними ефірами та обробкою мікрохвильовим випромінюванням); 3 – суміш № 2 структурована мікрохвильовим випромінюванням

Встановлено, що комбінування хімічного та мікрохвильового затвердіння призводить до найбільшого підвищення механічних та технологічних властивостей структурованих ріщано-рідкоскляних сумішей, а також значно знижує час їх затвердіння [5].

У роботі [6], використовуючи суміш аналогічної роботи [4], виготовляли зразки шляхом віброуцільнення з їх подальшою обробкою мікрохвильовим випромінюванням протягом 60...360 с. Встановлено, що оптимальний час обробки зразків піщано-рідкоскляної суміші мікрохвильовим випромінюванням становить 240 с, що забезпечує структурованим виробам стабільність властивостей.

У роботі [7, 8] автори досліджували вплив вмісту рідкого скла від 1% до 5% та 0,5% води в піщано-рідкоскляній суміші, ущільненої 3 ударами копра та висушеної мікрохвильовим випромінюванням протягом 4 хв, на її властивості. Встановлено, що вже при вмісту 1% рідкого скла піщано-рідкоскляна суміш набуває достатній для ливарних форм та стрижнів рівень фізико-технологічних та механічних властивостей. Рекомендований авторами вміст рідкого скла в піщано-рідкоскляній суміші для мікрохвильового сушіння становить 1,5% (за масою).

Розглядаючи питання про властивості піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані мікрохвильовим випромінюванням, слід зазначити, що автори робіт [4-8] в дослідженнях використовували свіжоприготовлені ПРС, які ущільнювали набиванням в оснащенні та сушили їх за межами оснащення. Як свідчить практика використання таких сумішей, їх сушіння мікрохвильовим випромінюванням дійсно потрібно вести поза межами оснащення, що в більшості випадків неможливо реалізувати через їх вкрай низьку сиру міцність. Особу увагу слід приділити надмірній вологості цих сумішей, так як суміш не встигає за короткий проміжок часу (240 с) повністю віддати всю вологу, тому в дослідженнях [4-5] перевагу мали комбіновані способи сушіння, коли вже структуровані суміші підсушували мікрохвильовим випромінюванням. Виходячи з цього можна констатувати, що дані робіт [4-8] мають виключно інформаційну цінність з обмежено практичним значенням.

На відміну від робіт [4-8], в роботі [9] використовують суху плаковану суміш, яку структурують за ПМЗ-процесом. Це надає можливість отримати одразу сухі піщано-рідкоскляні ливарні форми та стрижні, що мають потрібний рівень фізико-механічних та технологічних властивостей та придатні для використання.

Піщано-рідкоскляна суміш, що використовують для ПМЗ-процесу, містить кварцовий пісок та 1,5% рідкого скла (за масою) і після структурування має наступні фізико-механічні та технологічні властивості: міцність на стиск > 2 МПа; обсипальність $< 0,3$; щільність > 1600 кг/м³; газопроникність > 150 од; газотвірну здатність < 5 см³/г; роботу вибивання, якщо суміш нагрівається більше 600 °С < 100 Дж, а якщо ливарні форми та стрижні нагріваються менше 600 °С, то їх розчиняють у воді .

З викладеного витікає, що ПМЗ-процес є способом структурування сумішей, який вирішує більшість проблем, що притаманні піщано-рідкоскляним сумішам. При цьому ПМЗ-процес не потребує використання додаткових технологічних добавок, має обмежений час структурування, одразу структуровані ливарні форми та стрижні придатні до збірки форм та заливання їх розплавом, а використану суміш можна використовувати як сировину для виробництва силікат-брили.

Список література

1. СВЧ-Энергетика. Т. 1. Генерирование. Передача. Выпрямление. Под ред. Э. Окресса, Э. Д. Шлифера; пер. с англ. В. Г. Алыбина. –М.: Мир, 1971. – 463 с.
2. Руциц, А.А., Щербаков, Е.И. Применение СВЧ-нагрева в пищевой промышленности и общественном питании /А.А.Руциц, Е.И.Щербаков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии».–2014. –Т.2. –№1. –С. 9-15.
3. Четвериков, Е.А., Лягина, Л.А., Моисеев, А.П. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения: монография. ФГБОУВО «СаратовскийГАУ». –Саратов: Амирит, 2016. –186 с.
- 4.Stachowicz, M., Granat, K., Nowak, D. Effect of hardening method and structure of linking bridges on strength of water glass moulding sands /M.Stachowicz, K.Granat, D.Nowak // Archives of foundry engineering. –2010. –№ 2. –Pp. 141-146.
5. Granat, K., Nowak, D., Pigiell, M., Stachowicz, M., Wikiera, R. Determination of application possibilities of microwave heating in the curing process of water glass molding sands with fluid esters. Part 1 / K.Granat, D.Nowak, M.Pigiell, M.Stachowicz, R.Wikiera // Archives of foundry engineering. –2009. –№ 1. –Pp. 45-50.
- 6.Granat, K., Nowak, D., Pigiell, M., Stachowicz, M., Wikiera, R. The influence of microwave curing time and water glass kind on the properties of molding sands /K.Granat, D.Nowak, M.Pigiell, M.Stachowicz, R.Wikiera// Archives of foundry engineering. –2007. – № 4. –Pp. 79-82.
- 7.Granat, K., Nowak, D., Pigiell, M., Stachowicz, M., Wikiera, R. The influence of

water glass on the properties of microwave cured molding sands /K.Granat, D.Nowak, M.Piligieli, M.Stachowicz, R.Wikiera // Archives of foundry. –2008. –№ 1. –Рр. 123-126.

8.Stachowicz, M., Granat, K., Nowak, D. Studies on the possibility of more effective use of water glass thanks to application of selected methods of hardening / M.Stachowicz, K.Granat, D. Nowak // Archives of foundry engineering. –2010. –№ 2. –Рр. 135-140.

9. Спосіб виготовлення ливарних форм і стрижнів з рідко скляної суміші: пат. 122538 Україна: МПК В22С 9/10, 9/12. № а 201901350; заявл. 11.02.2019; опубл. 25.11.2020, Бюл. № 22. 7с.

УДК 621.74

Л. І. Солоненко

Український державний університет науки і технологій (УДУНТ), м. Дніпро

НАГРІВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ МІКРОХВИЛЬОВИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Питанням тепломасообміну та волопереносу при впливі мікрохвильового випромінювання на пористі матеріали та тіла, визначенню фундаментальних електромагнітних та електричних властивостей різних матеріалів присвячені праці багатьох вчених та дослідників, серед яких Л.Д. Ландау, О.М. Ліфшиц [1], А.В. Ликов [2], Г.А. Максимов, Г. Пюшнер [3], А.С. Метаксас, Р.Д. Мередіз [4], Х. Чао, І.В. Турнер [5], Л. Фелер [6], Н. Денеке [7] та інші. Тим не менш, відомі на сьогодні дані про величини ряду фундаментальних електричних параметрів матеріалів та виявлені закономірності їх зміни від температури, вологості, хімічного складу тощо носять суперечливий, а часом і сумнівний характер [8...14].

Теорія мікрохвильового нагріву базується на фундаментальних дослідженнях теорії тепломасоперенесення та електродинаміки, в основі якої лежить закон Джоуля-Ленца. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що потужність, що передається одиниці об'єму матеріалу при мікрохвильовому нагріві, розраховують за формулою [2, 15]:

$$N = E^2 \cdot f \cdot \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (1)$$