

– М.: Наука, 1969. – 360 с. **6.** Браун М. Реакции твердых тел / М. Браун, Д. Доллимор, А. Галвей.
– М.: Мир, 1983. – 360 с.

References: **1.** *Ovechkin E.K.* Razrabotka tekhnologii proizvodstva vysokodispersnogo karbonata kal'tsiya (Development of technology for the production of finely divided calcium carbonate) / *E.K. Ovechkin* // Raboty po tekhnologii proizvodstva napolniteley i adsorbentov mineral'nogo proiskhozhdeniya. – 1963. – Vol. 15. – P. 19 – 64. (in Russian). **2.** *Butt Yu.M.* Tverdenie vyazhushchikh pri povyshennykh temperaturakh (Hardening binders at elevated temperatures) / *Yu.M. Butt, L.N. Rashkovich.* – Moscow: Stroyizdat, 1965. – 240 p. (in Russian). **3.** *Zharov E.F.* The mechanism of the hydration of CaO and MgO / *E.F. Zharov* // Published by Ivanovo State University of Chemistry and Technology. – 1981. – Vol. 24, № 5. – (Series: Chemistry and chemical technology). – P. 608 – 611. **4.** *Boynnton R.S.* Khimiya i tekhnologiya izvesti (Chemistry and technology of lime) / *R. Boynnton.* – Moscow: Stroyizdat, 1972. – 239 p. (in Russian). **5.** *Berg L.G.* Vvedenie v termografiyu (Introduction to Thermography) / *L.G. Berg.* – [2-e izd., dop.]. – Moscow: Nauka, 1969. – 360 p. (in Russian). **6.** *Braun M.* Reakcii tverdykh tel (Reactions of Solids) / *M. Braun, D. Dollimor, A. Galvej.* – М.: Мир, 1983. – 360 p. (in Russian).

Поступила (Received) 20.10.15

УДК 666.972.125 : 666.64-492.3

Л.П. ЩУКІНА, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»,
М.І. РИЩЕНКО, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»,
Л.О. МІХЕЄНКО, канд. техн. наук, наук. співроб., НТУ «ХПІ»,
В.В. ЦОВМА, канд. техн. наук, мол. наук. співроб., НТУ «ХПІ»,
К.С. БЕЗУГЛА, студ., НТУ «ХПІ»

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ОТРИМАННЯ ЛЕГКОГО КЕРАМЗИТУ МЕТОДОМ ЕКСТРУЗІЇ

Розроблені технологічні параметри отримання легкого керамзиту на основі слабоспучуваної глинистої породи. Визначений вплив зусилля формування на характеристики спучування керамзитових гранул, отриманих екструзійним методом при пластичному способі переробки маси. Встановлений оптимальний режим випалу керамзитових гранул з нормативними показниками технічних властивостей. Отримано дуже легкий керамзит однорідної форми і різних розмірів для його застосування як заповнювача керамзитобетонів та у вигляді теплоізоляційних засипок, використовуваних в енергоефективному будівництві.

Ключові слова: легкий керамзит, легкотопка глина, мазут, екструзійний метод формування, заповнювач для легких бетонів, насипна теплоізоляція.

Постановка проблеми. Основою сучасного індустріального будівництва є легкі бетони, які характеризуються середньою густиною не вище 1800 кг/м^3

© Л.П. Щукіна, М.І. Рищенко, Л.О. Міхеєнко, В.В. Цовма, К.С. Безугла, 2015

і мають високі теплозахисні властивості. Для їх виробництва широко використовуються пористі заповнювачі, до яких відносяться природні пористі гірські породи (туфи, пемзи, ракушняк) і штучні пористі заповнювачі (металургійні і паливні шлаки, зольний гравій, шлакова пемза, спучені перліт і вермікуліт, аглопорит і керамзит).

Найбільш розповсюдженим штучним заповнювачем є керамзит, доля якого в загальному балансі виробництва заповнювачів становить 75 % [1]. Така затребуваність керамзиту пояснюється тим, що він широко використовується не тільки для виробництва керамзитобетонів, але й як теплоізоляційна засипка в сучасному енергоефективному будівництві.

Аналіз технічної літератури показав, що сучасні розробки в області технології керамзиту спрямовані на вирішення задач підвищення його механічної міцності та (або) зниження його густини [2, 3].

При цьому майже не приділяється уваги коефіцієнту форми керамзитових гранул, який має особливе значення при їх використанні для насипної теплоізоляції.

Коефіцієнт форми керамзиту залежить від способу формування сирцевих гранул і зазвичай є кращим при використанні пластичної глинистої сировини і пластичному способі формування. Найбільш доцільним методом пластичного формування якісних гранул є їх екструзія на стрічкових пресах, за допомогою якої можна регулювати розмір гранул та їх фізико-механічні властивості.

Мета і задачі дослідження. Виготовлення якісного керамзитового заповнювача методом екструзії, характеристики якого відповідають таким нормативним показникам, як інтервал спучування (не менше 50 °С), коефіцієнт спучування (не менше 2,5), водопоглинання (не більше 25 %) і морозостійкість (не менше 15 циклів), потребує опрацювання технологічних параметрів його отримання, що і є метою даної роботи. Для досягнення поставленої мети необхідно визначити вплив параметрів екструзійного формування гранул і режиму термічної обробки на їх спучуваність та експлуатаційні властивості.

Основна частина. При проведенні досліджень була використана напівкисла глина, родовище якої знаходиться в північно-західному напрямку від м. Артемівська. За пластичністю і спікливістю глина відноситься до помірно пластичної середньоспікливої сировини низькотемпературної спікливості. Хімічний склад глинистої породи на прожарену речовину представлений оксидами (мас. %): SiO_2 – 69,18; Al_2O_3 – 15,21; Fe_2O_3 – 5,26; CaO – 5,42;

R₂O – 4,93.

За хімічним складом глини з використанням діаграм А.І. Августініка [4] і О.А. Крупи [5] оцінено можливість її використання в технології керамзиту. За даними А.І. Августініка хімічний склад глини відповідає породам, які можуть використовуватися для виробництва керамзиту. В той же час за даними О.А. Крупи [1] така глина для гарного спучування потребує використання пороутворювачів.

Можливість використання глини в технології керамзиту додатково було оцінено за емпіричними співвідношеннями, наведеними в табл. 1.

Таблиця 1 – Емпіричні співвідношення оксидів для керамзитових глин

| Співвідношення | Значення співвідношення для глин, здатних до спучування | Значення співвідношення для дослідної породи |
|---|---|--|
| $\text{SiO}_2 / (\text{RO} + \text{R}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ | < 4 | 4,38 |
| $(\text{MgO} + \text{R}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3) / \text{CaO}$ | > 4 | 1,91 |

З таблиці видно, що в породі не витримані співвідношення, що є важливими з точки зору отримання глинистої маси оптимальної в'язкості, яка забезпечує ефективну поризацію гранул.

Далі були досліджені характеристики спучування глинистої породи, до яких відносяться температура, інтервал і коефіцієнт спучування. Експеримент показав, що оптимальна температура спучування, за якої одержані цілісні неоплавлені гранули з мінімальною середньою густиною 780 кг/м³, становить 1170 °С. Температурний інтервал спучування, який становить 35 °С, є недостатнім для керамзитових глин. За коефіцієнтом спучування (2,55) глина відноситься до середньоспучуваних порід, але цей показник знаходиться на границі значень, характерних для слабоспучуваних порід (до 2,5 включно).

Узагальнюючи дані про властивості дослідної глини, можна зробити висновок, що в природному вигляді вона не в повній мірі задовольняє вимоги, які висуваються до керамзитової сировини, і потребує використання пороутворювачів. Як пороутворююча добавка для поліпшення спучування глини в роботі був використаний мазут у кількості 1 мас. % понад 100 мас. % глини.

Пластичні маси, виготовлені з такої композиції, формували при встановленій експериментально оптимальній вологості 18,5 %. Формувальна вологість визначалася за методом, що передбачає визначення пластичної міцності мас, яка, у свою чергу, була досліджена пенетрометричним методом. Гранули формували на лабораторному екструдері з використанням двох різних зусиль

формування, які забезпечувалися використанням спеціальних кілець, що збільшували на 40 % довжину циліндра преса. Тиск формування визначався опосередковано через силу струму, що є необхідною для обертання валу преса. Сама сила струму вимірювалась автоматичним пристроєм (чим більше сила струму, тим більше зусилля формування). Перший варіант формування (без подовжуючих кілець) здійснювався з силою струму 7 А, другий варіант (з подовженням циліндру пресу) – з силою струму 7,3 А. Сформовані на лабораторному пресі гранули мали два розміри – умовно довгі (діаметром 8 мм і довжиною 20 мм) та дрібні (8 × 8 мм), що було зроблено для простеження впливу форми гранул на їх спучуваність.

В подальшому відформовані гранули обох розмірів підлягали термічній обробці, після чого були визначені їх середня густина та коефіцієнт спучування.

На рис. 1 і рис. 2 наведені залежності цих властивостей від температури випалу на прикладі довгих гранул.

З наведених рисунків видно, що збільшення тиску формування позитивно впливає на їх спучуваність. Так, при використанні більшого зусилля формування за температури випалу 1170 °С отримано керамзит з максимальним коефіцієнтом спучування 2,82 і густиною 590 кг/м³, а при меншому зусиллі – гранули з коефіцієнтом 2,6 і густиною 650 кг/м³.

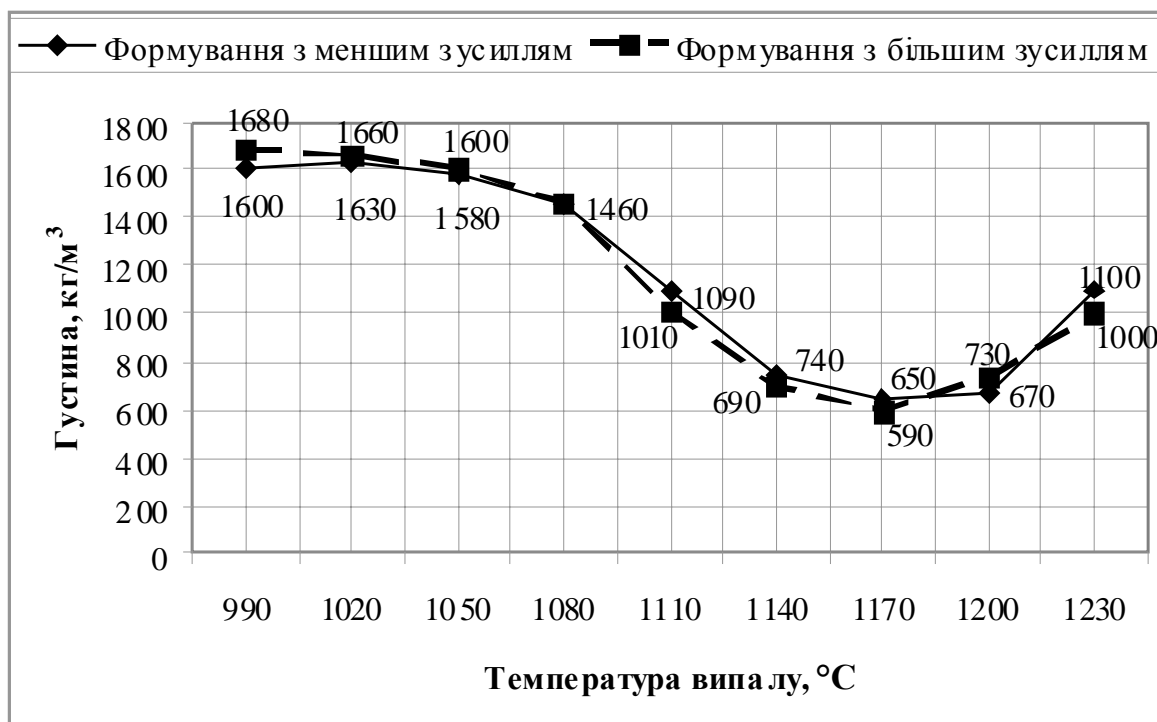


Рис. 1 – Температурна залежність середньої густини довгих гранул, сформованих методом екструзії

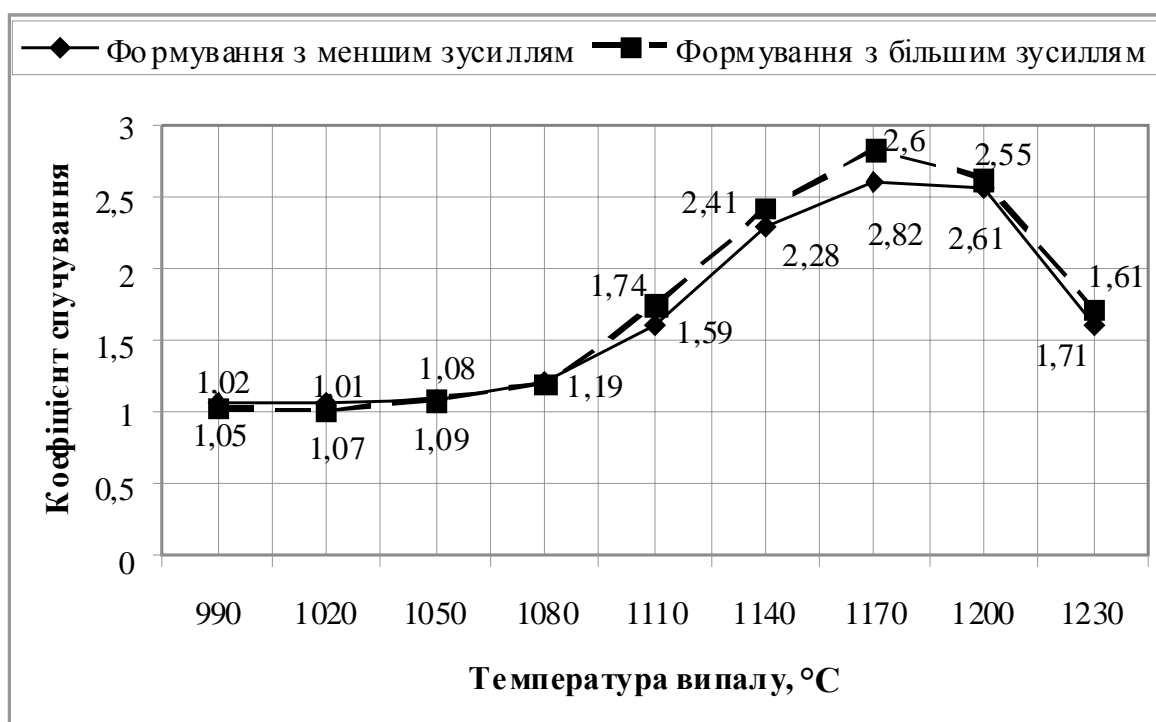


Рис. 2 – Температурна залежність коефіцієнта спучування довгих гранул, сформованих методом екструзії

Для дрібних керамзитових гранул спостерігається така ж сама тенденція: гранули, що були отримані з більшим зусиллям формування і випалені за температури 1170 °C, характеризуються максимальним коефіцієнтом спучування 3,2 і густиною 550 кг/м³, при формуванні гранул з меншим зусиллям вони мали більшу густину 600 кг/м³ і менший коефіцієнт спучування 2,95. Спучування гранул починається від температури 1110 °C, а їх оплавлення – при 1200 °C, на підставі чого температурна зона спучування становить 1110 – 1200 °C.

Для зразків керамзиту, отриманих при більшому зусиллі формування в температурній зоні спучування, були дослідженні їх водопоглинання та морозостійкість (табл. 2).

Дані таблиці свідчать про те, що усі зразки керамзиту характеризуються невисокими значеннями водопоглинання, які знаходяться в межах, необхідних для керамзиту (не більше 25 %).

Згідно з ДСТУ Б В.2.7-17-95 на керамзитовий гравій втрати його маси при визначенні морозостійкості протягом 15 циклів заморожування-відтавання не повинні перевищувати 8 %.

В даному випадку втрати маси не перевищують 0,21 % і задовольняють нормативні вимоги щодо цієї властивості.

Комплексний аналіз властивостей керамзиту, отриманого в зоні спучування за температур 1110 – 1200 °С, і характер поверхні його гранул показав, що мінімальні значення густини і максимальні значення коефіцієнта спучування досягаються за температури випалу 1170 °С, що дозволяє визначити її як оптимальну.

Таблиця 2 – Фізико-механічні властивості керамзиту, отриманого при більшому зусиллі формування

| Властивість | Вид гранул | Температура випалу, °С | | | |
|---|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | 1110 | 1140 | 1170 | 1200 |
| Водопоглинання, % | Довгі | 15,10 | 12,54 | 16,45 | 12,96 |
| | Дрібні | 11,52 | 11,38 | 9,85 | 6,76 |
| Втрати маси після визначення морозостійкості, % | Довгі | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 |
| | Дрібні | 0,21 | 0,20 | 0,18 | 0,15 |

В табл. 3 наведені дані щодо властивостей керамзиту, отриманого за такої температури.

Таблиця 3 – Характеристика керамзитових гранул, отриманих за температури 1170 °С

| Властивість | Довгі гранули | Дрібні гранули |
|--|---|---|
| Водопоглинання, % | 16,45 | 9,85 |
| Середня густина зерна, кг/м ³ | 590 | 550 |
| Коефіцієнт спучування | 2,82 | 3,20 |
| Марка за насипною густиною | 350 | 350 |
| Марка за механічною міцністю | П50 | П50 |
| Марка за морозостійкістю | F15 | F15 |
| Коефіцієнт форми | 1,3 | 1,0 |
| Зовнішній вигляд гранул |  |  |

З даних таблиці видно, що за умови дотримання визначених в дослідженні технологічних параметрів на основі слабоспучуваної глини з добавкою 1 % мазуту при використанні екструзійного способу формування можна отримувати керамзит різних розмірів з нормативними значеннями технічних властивостей, в тому числі необхідним коефіцієнтом форми.

Висновки.

За результатами досліджень визначені основні технологічні параметри виробництва керамзитового гравію заданої форми і розмірів, який отримують на основі легкотопкої слабоспучуваної глини методом екструзії (добавка 1 % мазуту, температура термопідготовки гранул 200 °С, температура випалу 1170 °С).

Запропоновані параметри дозволяють отримувати дуже легкий (з середньою густиною зерен до 600 кг/м³) дрібно- і середньофракційний керамзитовий заповнювач, маркою за насипною густиною 350, маркою за механічною міцністю П50 і морозостійкістю F15.

Такий керамзит може використовуватися як заповнювач для виробництва легких бетонів, а також самостійно – для звуко- і теплоізоляційних засипок при енергоефективному будівництві.

Список літератури: 1. *Ивлева И.А.* Технология получения керамзита из слабоспучивающегося глинистого сырья / *И.А. Ивлева, М.С. Шиманская, И.И. Немец* // *Стекло и керамика.* – 2011. – № 11. – С. 17 – 18. 2. *Левицкий И.А.* Производство керамзитового гравия с использованием гальванических осадков сточных вод / [*И.А. Левицкий, Ю.Г. Павлюкевич, Е.О. Богдан, О.В. Кичкайло*] // *Стекло и керамика.* – 2013. – № 7. – С. 23 – 27. 3. *Луцюк І.В.* Керамзитовий гравій покращеної якості з використанням сапонітової породи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.17.11 «Технологія тугоплавких неметалічних матеріалів» / *І.В. Луцюк.* – Львів, 2005. – 18 с. 4. *Августиник А.И.* Керамика / *А.И. Августиник.* – Л.: Стройиздат, 1975. – 592 с. 5. *Крупа А.А.* Химическая технология керамических материалов: учебное пособие / *А. А. Крупа, В. С. Городов.* – К.: Вища школа, 1990. – 399 с.

Referens: 1. *Ivleva I.A.* Technology for producing keramzit from low expandable clay / *I.A. Ivleva, M.S. Shimanskaya, I.I. Nemets* // *Glass and ceramics.* – 2012. – Vol. 68. – Iss. 11 – 12. – P. 363 – 365. 2. *Levitskiy I.A.* Production of expanded clay gravel using galvanic wastewater slurries / [*I.A. Levitskiy, Yu.G. Pavlyukevich, E.O. Bogdan, O.V. Kichkailo*] // *Glass and ceramics.* – Vol. 70. – Iss. 7 – 9. – P. 255 – 259. 3. *Lutsyuk I.V.* Keramzytovyy hraviy pokrashchenoyi yakosti z vykorystannyam saponitovoyi porody (Keramzite gravel improved quality using saponite species): avtoref. dys. na zdobuttja nauk. stupenja kand. tekhn. nauk: 05.17.11 «Tekhnolohiya tuhoplavkykh nemetalichnykh materialiv» / *I.V. Lutsyuk.* – L'viv, 2005. – 18 s. (in Ukrainian). 4. *Avgustinik A.I.* Keramika (Ceramics) / *A.I. Avgustinik.* – Leningrad.: Strojizdat, 1975. – 592 s. (in Russian). 5. *Krupa A.A.* Himicheskaja tehnologija keramicheskikh materialov: uchebnoe posobie (Chemical engineering ceramic materials: textbook) / *A.A. Krupa, V.S. Gorodov.* – Kiev.: Vishha shkola, 1990. – 399 s. (in Russian).

Надійшла (Received) 12.10.2015.