

## Литература

1. Лохова Н. А. Микроармированные стеновые лицевые керамические изделия на основе высококальциевой золы-уноса // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 1 (5). С.104-112
2. Кудряков А.И., Свергунова Н.А. Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированной жидкостекольной композиции: моногр. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. 204 с.
3. Лохова Н.А. Обжиговые материалы на основе микрокремнезема: моногр. Братск: БрГТУ, 2002. 163 с.

## References

1. Lokhova N.A. Micro-reinforced wall facing ceramic ware on the basis of high-calcium fly ash // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2010. № 1 (5). S. 104-112.
2. Kudyakov A.I., Svergunova N.A., Ivanov M.Yu. Granular heat-insulating material on the basis of modified sodium silicate composition: monogr. Tomsk: Izd-vo Tom. gos. arkhит.-stroit. un-ta, 2010. 204 s.
3. Lokhova N.A. Fired silica materials: monogr. Bratsk: BrGTU, 2002. 163 s.

УДК 691.41

## Особенности пористой структуры стенового керамического материала с органо-кремнеземистой добавкой

Н.А. Лохова<sup>1\*</sup>, Н.С. Стибунова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия  
Статья поступила 12.10. 2011, принята 15.02.2012

*Приведен анализ пористой структуры керамического материала из закарбонизованного суглинка с органо-кремнеземистой добавкой на основе угля Ирша-Бородинского месторождения и отхода металлургии – пыли газоочистки ферросплавного производства. Высокое содержание карбонатов в местном глинистом сырье значительно ухудшает качество керамических материалов вследствие образования «дутика» в процессе эксплуатации изделий. Выявлено, что применение органо-минеральных добавок на основе отходов и побочных продуктов промышленности интенсифицирует связывание вредных карбонатных примесей и микроармирует стенки пор полезными кальцийсодержащими кристаллическими фазами. Исследования поровой структуры показали, что наличие открытой пористости увеличивает поверхность протекания реакций между водой и гидравлически активной составляющей керамической матрицы, следствием чего является упрочнение и повышение морозостойкости изделий. Анализ программ показал отсутствие микропор и преобладание пор диаметром 1-50 мкм в пробах материала с органо-кремнеземистой добавкой «Енисей». В материале с комплексной добавкой возрастает объем благоприятных условно-замкнутых пор в сопоставлении с бездобавочным вариантом, что обуславливает формирование пористой структуры с улучшенными показателями морозостойкости (F50).*

**Ключевые слова:** закарбонизованный суглинок, органо-кремнеземистые добавки, пористость, эффективный диаметр пор.

## Characteristic features of ceramic walling porous structure containing organosiliceous admixture

N.A. Lokhova<sup>1\*</sup>, N.S. Stibunova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bratsk State University, 40, Makarenko str., Bratsk, Russia  
Received 12.10.2011; Accepted 15.02.2012

*The analysis of the ceramic material porous structure obtained out of carbonated loam containing organosiliceous admixture on the basis of the Irsha – Borodinskoye deposit coal and metallurgical production wastes - gas purification dust of the ferroalloy production - has been given. High content of carbonates in the local clay raw material impairs considerably the quality of ceramic materials due to blowing formation during the product operating process. It has been revealed that the application of organomineral admixtures on the basis of wastes and minor products intensifies the combining of harmful carbonates impurities and microreinforces pore walls by useful crystalline phases containing calcium. The research into pore structure has demonstrated that the presence of apparent porosity extends the reaction behavior surface between water and hydraulically active component of ceramic matrix which result in product hardening and frost resistance improvement. The analysis of the program has shown the absence of micropores and predominance of the pores from 1 to 50 micrometers in diameter in the tests of the material containing organosiliceous admixture «Yenisey». The volume of conditionally closed pores in the material containing complex admixture increases in comparison with admixtureless alternative that provides for the formation of a porous structure with improved frost resistance characteristics (F50).*

**Keywords:** carbonated loam, organosiliceous admixtures, porosity, effective diameter of pores.

\* E-mail address: nlokhova@yandex.ru

Регулирование пористой структуры – один из эффективных приемов повышения морозостойкости керамических изделий. Особенно остро эта проблема стоит при использовании закарбонизованного суглинистого сырья вследствие возможного образования «дутка» в процессе эксплуатации изделий. Размер пор в керамических изделиях можно менять, используя соответствующие технологические приемы в зависимости от назначения изделий, условий их эксплуатации и размера.

В Братском техническом университете разработан способ повышения морозостойкости стеновых керамических изделий путем введения в закарбонизованный суглинок комплексных органо-кремнеземистых добавок, полученных путем гранулирования шихт из измельченного угля (или побочного продукта лесохимии) с пылью газоочистки ферросплавного производства [1].

Применение таких органо-кремнеземистых добавок позволяет создать восстановительную среду при обжиге (за счет выгорания органического ядра) и интенсифицировать связывание свободных оксидов кальция и магния в полезные новообразования.

**Цель работы:** изучение особенностей пористой структуры керамического материала из закарбонизованного суглинка с органо-кремнеземистой добавкой «Енисей», полученной на основе угля и отхода металлургии.

В качестве основного сырья для производства керамического материала применялся закарбонизованный суглинок Анзеевского месторождения, содержащий

20–25 мас. % кальцита и доломита. Химический состав суглинка, мас. %:  $\text{SiO}_2$  – 54,34;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 12,44;  $\text{TiO}_2$  – 0,71;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 3,84;  $\text{FeO}$  – 1,43;  $\text{CaO}$  – 5,84;  $\text{MgO}$  – 5,44;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 2,0;  $\text{K}_2\text{O}$  – 2,66; потери при прокаливании – 10,36. Сырье относится по гранулометрическому составу к пылеватым суглинкам с малым содержанием глинистых частиц (11 %); по числу пластичности (8,2) – к умеренно пластичным породам.

В качестве *минерального компонента* комплексной органо-кремнеземистой добавки использована пыль газоочистки ферросплавного производства (ПГФП), которая является ультрадисперсным отходом Братского завода ферросплавов и содержит аморфный оксид кремния до 70...75 мас. %.

В качестве *органического ядра* добавки «Енисей» применялся измельченный до 2 мм уголь Ирша-Бородинского месторождения.

Разработанная добавка «Енисей» получена путем окатывания частиц угля Ирша-Бородинского месторождения в ПГФП на тарельчатом грануляторе при капельном орошении водой. Соотношение угля и ПГФП по массе – 1:1 (положительное решение от 04.10.2011 г. о выдаче патента на изобретение по заявке № 2010125897 (036863) от 24.06.2010 г.).

Экспериментальным путем установлено, что в процессе обжига керамического материала пластического формования с добавкой «Енисей» в количестве 3 мас. % от массы суглинка образуется в основном открытая пористость (таблица 1).

Таблица 1

Влияние температуры обжига на пористость материала с органо-кремнеземистой добавкой

Состав шихты	Температура обжига, °С	Пористость, %			
		общая	открытая	замкнутая	условно-замкнутая
Суглинок + добавка «Енисей»	850	33,21	28,18	5,04	0,18
	900	33,21	28,70	4,51	0,18
	950	35,15	28,36	6,79	1,22

Важно, что при повышении температуры обжига от 850 до 950 °С объем открытых пор материала с комплексной добавкой практически не меняется. При этом сумма замкнутых и условно-замкнутых пор, благоприятных для обеспечения морозостойкости черепка, существенно возрастает (рис. 1). Общая пористость материала также увеличивается, что обуславливает снижение средней плотности и расчетной теплопроводности черепка.

Наличие открытой пористости увеличивает поверхность протекания реакций между влагой и гидравлически активной составляющей керамической матрицы (геленит, двухкальциевый силикат) на основе закарбонизованного суглинка.

Результат этого процесса – упрочнение изделий при водонасыщении, а также попеременном замораживании и оттаивании. Это явление свидетельствует о параллельном протекании деструктивных процессов (вследствие давления кристаллов льда на стенки пор) и конструктивных процессов (формирование гидратных

гелевидных новообразований, упрочняющих поверхность пор).

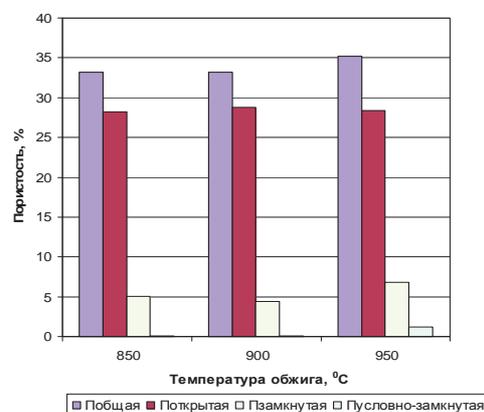


Рис. 1. Виды пор в керамическом материале в зависимости от температуры обжига.

Таблица 2

*Характеристика пористой структуры керамических материалов  
на основе закарбонизованного суглинка Анзединского месторождения*

Состав шихты	Температура обжига, °С	Эффективный диаметр пор, мкм	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Распределение пор по размерам, мкм, и их объем, $\frac{\%}{\text{см}^3 / \text{г}}$							Суммарный объем пор, $\frac{\%}{\text{см}^3 / \text{г}}$		
				макропоры						переходные	общий	макропор	переходных пор,
				300-150	150-100	100-50	50-10	10-1	1-0,1	0,1-0,0015			
Суглинок без добавок	950	0,39384	2,2837	–	$\frac{1,51}{0,0034}$	$\frac{23,35}{0,0525}$		$\frac{10,41}{0,0234}$	$\frac{54,72}{0,123}$	$\frac{10,01}{0,0225}$	$\frac{100}{0,2248}$	$\frac{89,99}{0,2023}$	$\frac{10,01}{0,0225}$
Суглинок +комплексная органо-кремнеземистая добавка «Енисей»	850	223,7748	0,007	–	–	–	$\frac{99,97}{0,3933}$	$\frac{0,03}{0,0001}$	–	–	$\frac{100}{0,3934}$	$\frac{100}{0,3934}$	–
	900	218,0479	0,008	–	–	–	$\frac{99,97}{0,4218}$	$\frac{0,03}{0,0001}$	–	–	$\frac{100}{0,4219}$	$\frac{100}{0,4219}$	–
	950	45,8439	0,020	–	–	–	$\frac{87,16}{0,1949}$	$\frac{12,21}{0,0273}$	$\frac{0,63}{0,0014}$	–	$\frac{100}{0,2236}$	$\frac{100}{0,2236}$	–

Ртутно-вакуумная порометрия керамического материала с органо-кремнеземистой добавкой выполнена на порометре марки AutoPore IV 9500 V1.07. Порометрический анализ показал преобладание пор размером 50-10 мкм (таблица 2).

При анализе программ использована одна из классификаций пор по размерам, предложенная М.М. Дубининым [3]. В ней поры разделены по размеру на следующие группы: макропоры, переходные поры и микропоры.

Эффективные радиусы макропор – более 0,1-0,2 мкм. Такие поры в твердом высокопористом теле выполняют транспортную функцию, делая доступными внутренние части зерен для адсорбируемых молекул [4].

Переходные поры имеют эффективные радиусы от 0,0015-0,0016 мкм до 0,1-0,2 мкм. На поверхности таких пор может протекать мономолекулярная адсорбция паров.

Микропоры имеют эффективные радиусы до 0,0015 мкм.

Установлено, что введение органо-минеральной добавки предотвращает образование «переходных» пор. Во всех изученных пробах микропоры не выявлены.

Очевидно, увеличение общего объема пор при температуре обжига 900 °С обусловлено разложением карбонатов кальция и магния. Последующее сокращение общего объема пор при температуре обжига 950 °С связано с накоплением расплава и уменьшением эффективного диаметра пор.

Установлено, что суммарный объем пор материалов (без добавки и с добавкой), обожженных при температуре 950 °С, мало отличается, однако структура пор изученных проб материалов весьма различна.

В материале с комплексной органо-кремнеземистой добавкой «Енисей» образуется больший объем пор радиусом 1-10 мкм и 10-50 мкм. При этом возрастает объем замкнутых и условно-замкнутых пор.

В целом, введение комплексной органо-минеральной добавки приводит к росту эффективного диаметра пор в сопоставлении с бездобавочным вариантом. В совокупности, это обуславливает формирование пористой структуры с улучшенными показателями морозостойкости (F 50).

### Литература

1. Стибунова Н.С., Лохова Н.А. Керамические материалы повышенной стойкости на основе закарбонизованного суглинка с гранулированными органо-кремнеземистыми добавками // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 1(9). С. 87-98.
2. Лохова Н.А. Морозостойкие строительные керамические материалы и изделия на основе кремнеземистого сырья: моногр. Братск: БрГУ, 2009. 268 с.
3. Плаченев Т.Г., Колосенцев С.Д. Порометрия. Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1988. 175 с.
4. Нанодобавки в композициях из неорганических вяжущих: моногр. / А.М. Сычева, И.В. Степанова, Н.Н. Елисева, Д.С. Старчукова, Д.В. Соловьева; под ред. Л.Б. Сватовской. СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2010. 84 с.

### References

1. Stibunova N.S., Lokhova N.A. Improved durability ceramics on the basis of carbonized loam containing granular organosilica additives // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2011. № 1 (9). S. 87-98.
2. Lokhova N.A. frostproof building ceramics and products on the basis of silica raw material: monogr. Bratsk: BrGTU, 2009. 268 s.
3. Plachenov T.G., Kolosentsev S.D. Porosimetry. L.: Khimiya. Leningr. otd-nie, 1988. 175 s.
4. Nano-additives in the compositions made of inorganic bonding materials: monogr. / A.M. Sycheva, I.V. Stepanova, N.N. Eliseeva, D.S. Starchukova, D.V. Solov'yova; pod red. L.B. Svatovskoy. SPb.: S.-Peterb. gos. un-t putey soobshcheniya, 2010. 84 s.

УДК 674.816.3

## Исследование характеристик и химического состава некондиционного сырья с целью установления возможности его использования в производстве древесностружечных плит

С.В. Денисов<sup>1\*</sup>, Г.П. Плотникова<sup>1</sup>, Н.П. Плотников<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия  
Статья поступила 24.11.2011, принята 13.02.2012

*На территории Сибири в настоящее время находится большое число мелких лесопильных и деревообрабатывающих предприятий, действующих и ликвидированных в течение последних десяти лет. Отходы таких предприятий по тем или иным причинам не использовались и пролежали на открытом воздухе более 1-2-х лет, а применение их сегодня в различных производствах должно подкрепляться научными основаниями, обеспечивая, таким образом, качество и безопасность выпускаемой продукции. Кроме того, очищение территорий от указанных отходов способствует повышению экологичности и уменьшению пожароопасности полигонов. Над способами вовлечения неиспользуемых отходов в производство древесностружечных плит работают различные предприятия и исследователи как в России, так и за рубежом, и поэтому направление утилизации указанного сырья «в продукт» является современной и актуальной задачей. Представленная работа посвящена исследованию возможности использования в производстве древесностружечных плит некондиционного сырья – отходов деревообрабатывающих и лесопильных производств, находившихся на открытом воздухе более года. Выявлены основные характеристики,*

\* E-mail address: Denisov@brstu.ru