

УДК 666.714.532.6

Показана залежність кінетики водонасичення і капілярного всмоктування керамічного матеріалу від ліофільності його поверхні та пористості, пов'язаних з хіміко-мінералогічним складом вихідної сировини, ступенем спікання при випалі та фазовим складом. Відзначено, що структура і властивості матеріалу цегли відіграють вирішальну роль в процесах дифузії водних розчинів і утворенні висолів на поверхні при експлуатації споруд

Ключові слова: кераміка, цегла, сировина, глина, склад, пористість, водопоглинання, поверхня, ліофільність, властивості

Показана зависимость кинетики водонасыщения и капиллярного всасывания керамического материала от лиофильности его поверхности и пористости, связанных с химико-минералогическим составом исходного сырья, степенью спекания при обжиге и фазовым составом. Отмечено, что структура и свойства материала кирпича играют решающую роль в процессах диффузии водных растворов и образования высолов на поверхности при эксплуатации зданий

Ключевые слова: керамика, кирпич, сырьевые материалы, глина, состав, пористость, водопоглощение, поверхность, лиофильность, свойства

СТРУКТУРА ЛИЦЕВОГО КИРПИЧА И ЛИОФИЛЬНОСТЬ ЕГО ПОВЕРХНОСТИ

П. Г. Варшавец

Генеральный директор

ООО «Фасад»

ул. Крайняя, 1-В, г. Киев, Украина, 02660

E-mail: pvarshavets@fasad.ua

В. А. Свидерский

Доктор технических наук, профессор

Национальный технический университет

Украины «Киевский политехнический институт»

пр. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056

E-mail: xtkm@kpi.ua

1. Введение

Керамический кирпич относится к древнейшим строительным материалам, технология изготовления которых прошла путь от эмпирики и передачи опыта отдельных мастеров до промышленного производства, развивающегося на инновационной основе [1 – 6].

В современном строительстве широко используется лицевой кирпич, ассортимент и качество которого во многом определяют архитектурную выразительность зданий. Качество и эксплуатационные свойства кирпича связаны с технологическими параметрами производства, с его сырьевой базой, и структурой керамики [7 – 10]. Выполненная работа предусматривает установление роли структуры керамики и лиофильности ее поверхности в процессах взаимодействия с водой.

2. Характеристика объектов исследования

Производство лицевого кирпича в Украине базируется на использовании глинистого сырья различного химико-минералогического состава, главным образом – полиминерального [11 – 14], характеризующегося повышенным содержанием водорастворимых солей и узким интервалом спекания. Так, на ПАТ «Слобожанська будівельна кераміка» для производства выбранного в качестве объектов исследования кирпича применяют шихту, представляющую смеси суглинка местного Залучского месторождения и глины Ново-Райского (ДНПК-1) и Андреевского (ДВК-2) месторождений Донецкой области (табл. 1, 2).

Таблица 1

Химический состав глинистого сырья

Сырьевые материалы	Содержание основных оксидов, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п.
Суглинок	78,13	7,51	2,71	0,42	3,25	0,56	0,67	1,57	3,35
Глина ДНПК-1	65,00	23,60	1,95	1,62	0,30	0,20	0,40	1,60	5,20
ДВК-2	66,2	21,80	1,26	1,14	–	0,50	0,35	2,55	6,10
Шихта красная	75,50	10,73	2,56	0,66	2,60	0,58	0,62	1,58	3,72
желтая	72,16	14,66	1,99	0,78	1,62	0,53	0,52	2,06	4,73

Очевидно, что по химическому составу суглинок отличается от глины значительно меньшим содержанием Al₂O₃ (7,5 против 21,8-23,6 мас. %) при высоком соотношении концентраций SiO₂ : Al₂O₃ (10,4 против 2,8-3,0), оксидов железа и кальция.

Шихта для получения кирпича красного цвета содержит суглинок и глину ДНПК-1 при массовом соотношении 4 : 1, а для получения кирпича желтого цвета – суглинок и глину ДВК-2 при массовом соотношении 1 : 1. В последнем случае химический состав шихты отличается относительно большим содержанием Al₂O₃ (14,7 против 10,7 мас. %) и меньшим соотношением концентраций SiO₂ : Al₂O₃ (4,9 против 7,0), меньшим количеством оксидов железа и кальция.

По данным рентгенофазового анализа (рис. 1, 2) минералогический состав шихты для изготов-

ления красного и желтого кирпича качественно близки. Однако проба желтого отличается существенно большим содержанием каолинита при

несколько меньшем включении кальцита, что обуславливает необходимость увеличения температуры обжига.

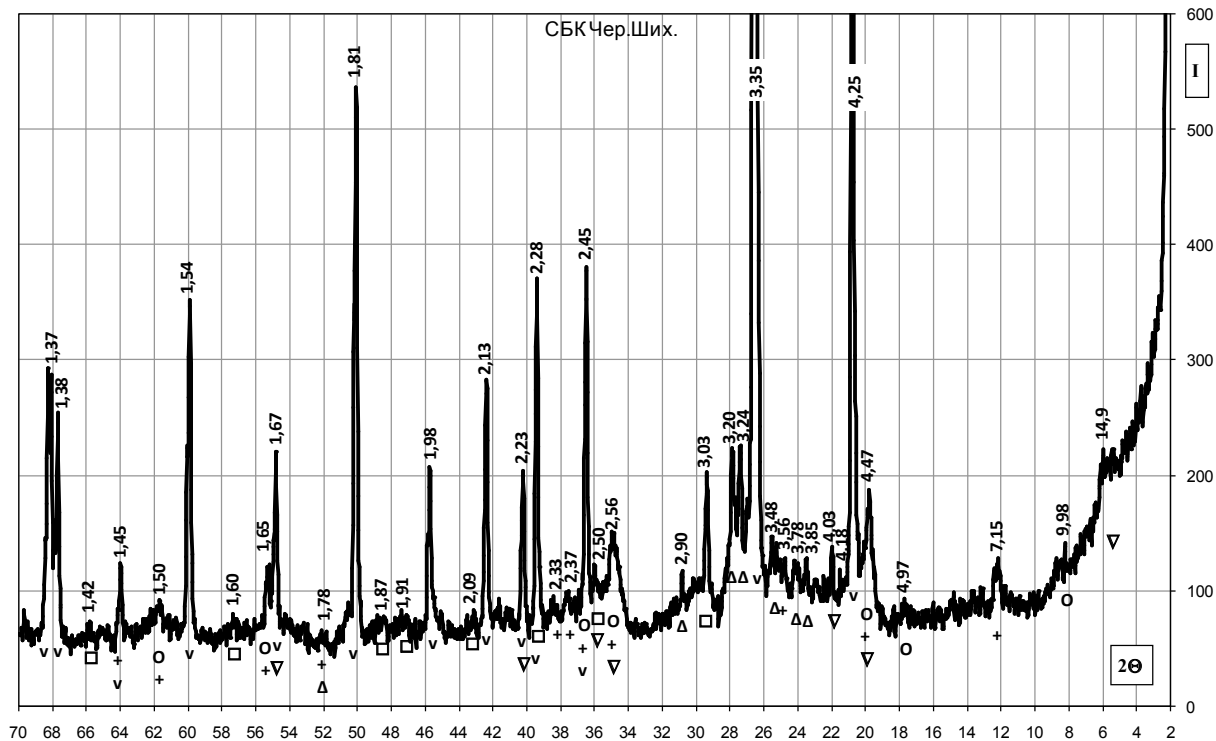


Рис. 1. Дифрактограмма шихты для красного кирпича: ▽ - монтмориллонит, O - гидрослюда, + - каолинит, V - кварц, Δ - полево шпат, □ - кальцит

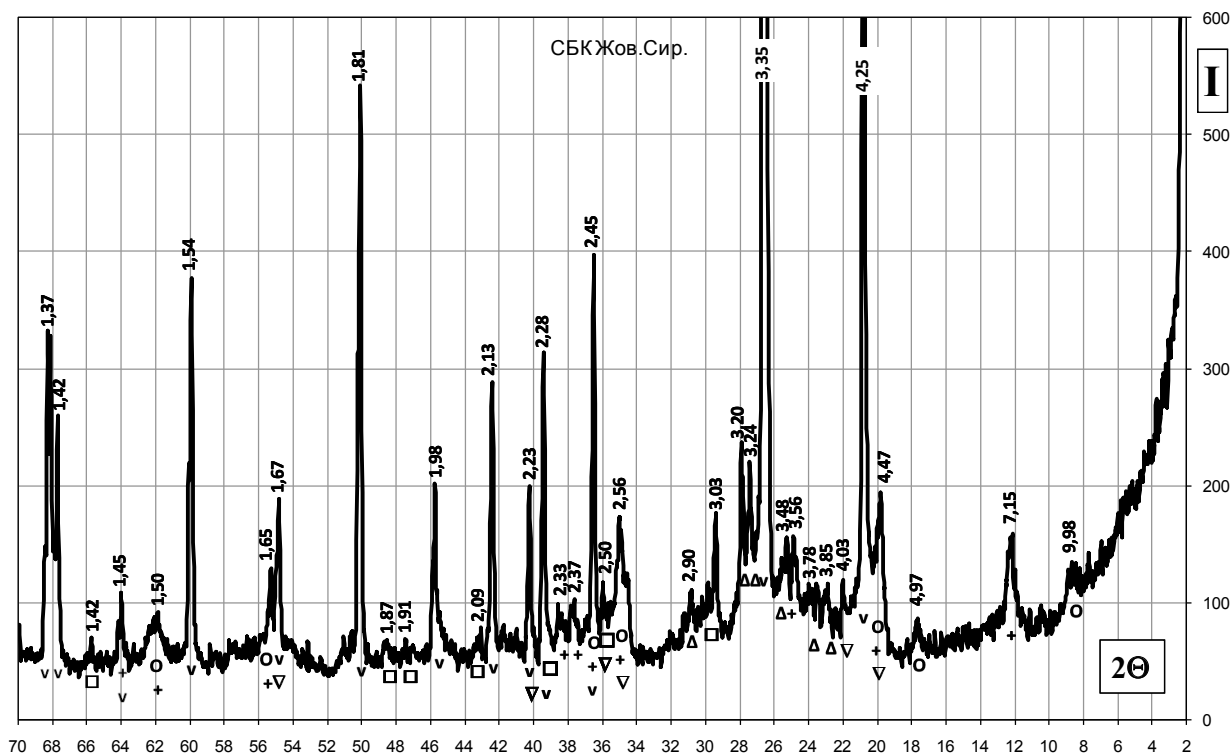


Рис. 2. Дифрактограмма шихты для желтого кирпича: O - гидрослюда, + - каолинит, V - кварц, Δ - полево шпат, □ - кальцит

Таблица 2

Состав шихты и параметры производства кирпича

Сырьевые материалы	Кирпич красный				Кирпич желтый			
	Содержание компонентов, мас. %	время сушки, час.	время обжига, час.	температура обжига, °С	Содержание компонентов, мас. %	время сушки, час.	время обжига, час.	температура обжига, °С
Суглинок	80	62	58	1010	50	62	58	1050
Глина ДНПК-1	20				–			
ДВК-2	–				50			

Таблица 3

Физико-механические свойства кирпича

Кирпич	Водопоглощение, мас. %	Плотность, г/см ³		Пористость, %		Прочность, МПа	
		истинная	условная	открытая	закрытая	на сжатие	на изгиб
красный	11,6	2,44	2,01	16,61	1,21	17,5	2,3
желтый	9,3	2,30	2,06	9,89	0,31	16,9	2,1

После обжига материал красного и желтого кирпича характеризуется полным разрушением решеток основных глинистых породобразующих минералов, некоторым развитием стеклофазы, увеличением концентрации полевых шпатов (рис. 3, 4). Материал красного кирпича отличается развитием гематита.

Анализ основных физико-механических показателей показывает, что при близких показателях прочности желтый кирпич отличается от красного несколько большей степенью спекания, подтверждается относительно большей условной плотностью, меньшими значениями пористости и водопоглощения (табл. 3).

Более детальный анализ пористости показал, что при близкой величине коэффициента микропористости материал красного кирпича характеризуется существенно большим показателем однородности размера пор и значительно меньшим средним размером открытых капиллярных пор (табл. 4).

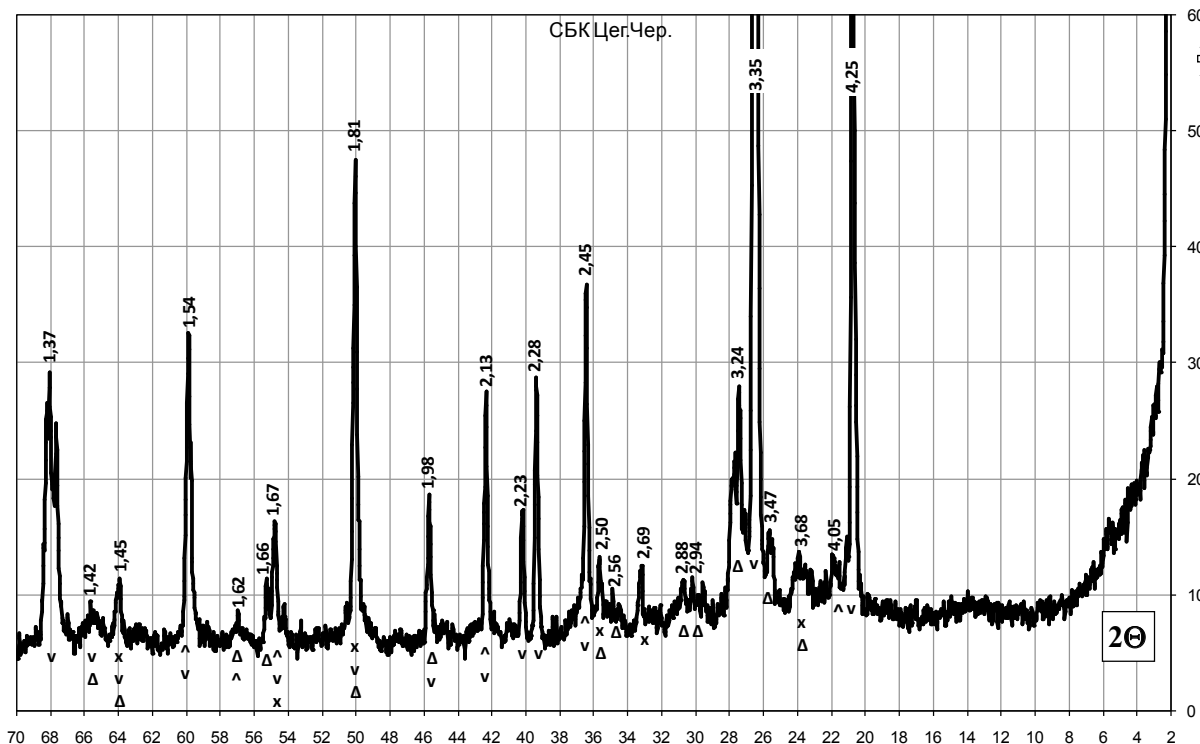


Рис. 3. Дифрактограмма материала красного кирпича: V - кварц, л - кристобалит, Δ - полевой шпат, x - гематит

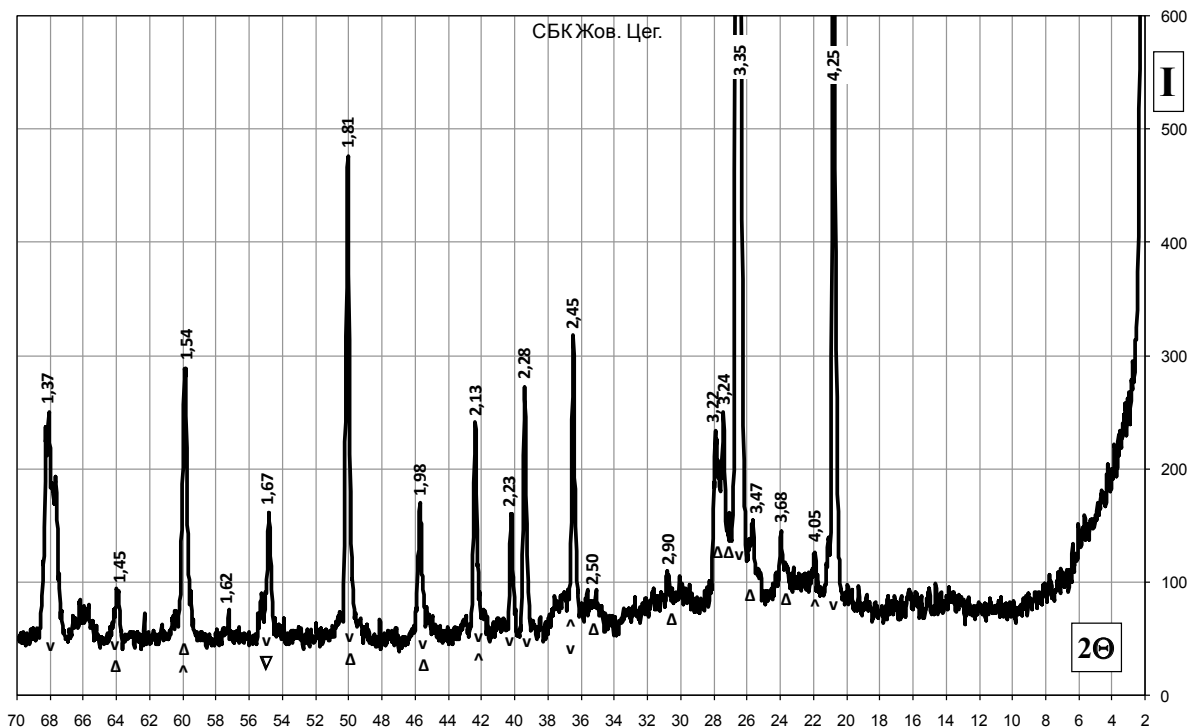


Рис. 4. Дифрактограмма материала желтого кирпича: V - кварц, λ - кристобалит, Δ - полево шпат, x гематит

Таблица 4

Характерные показатели пористости кирпича

Кирпич	Показатель однородности размера пор	Показатель среднего размера открытых капиллярных пор, нм	Коэффициент микропористости
красный	0,188	6,2	0,89
желтый	0,032	12,1	0,93

4. Свойства поверхности и капиллярное впитывание материала кирпича

Использование метода ИК-спектроскопии позволило получить новые данные о составе и структуре поверхности материала керамического кирпича [15].

Полученные инфракрасные спектры характерны для силикатных материалов. Сопоставление данных рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии дает возможность дифференцировать разновидности кремнеземсодержащих минералов в материале кирпича (рис. 5).

Так, наиболее интенсивные полосы в диапазоне $1068-1087\text{ см}^{-1}$ обусловлены валентными колебаниями связи Si – O – Si. Колебания связи Si – O – Al зафиксированы в диапазоне $768-782\text{ см}^{-1}$. Интенсивность их характерных полос минимальна для материала желтого кирпича. Сопоставление интенсивностей полос поглощения, характерных для связей Si–O–Si и Si–O–Al свидетельствует о превышении первых в 5-7 раз.

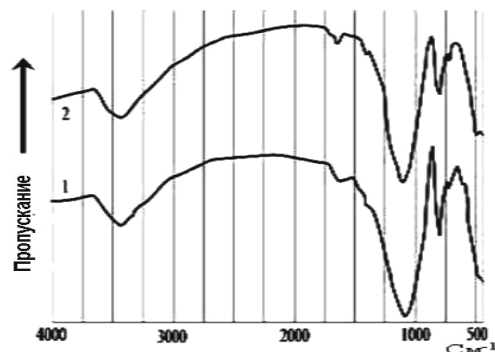


Рис. 5. ИК- спектры материала кирпича: 1— красного; 2 — желтого

Интенсивность полос поглощения, характерных для воды ($3412-3441$ и $1616-1629\text{ см}^{-1}$), в материале кирпича значительно уступает характерным для силикатных связей ($1068-1075$ и $438-468\text{ см}^{-1}$).

Смещение характерных полос поглощения валентных колебаний воды, фиксируется следующим образом: минимум для красного, а максимум для желтого кирпича. То есть наиболее прочно связанная вода фиксируется в первом случае, а наименее - во втором.

Одной из особенностей ИК-спектров исследуемых материалов стало наличие у них полос средней интенсивности (на уровне вышеупомянутой воды) в пределах $1380-1383\text{ см}^{-1}$. Кроме того, зафиксированы также малоинтенсивные полосы при $1866-1884\text{ см}^{-1}$.

С учетом особенностей химического состава исходного сырья и шихты выходной для производства кирпича, отмеченные ИК-полосы поглощения можно трактовать следующим образом: наличие карбонатаниона подтверждают экстремумы при

1380-1387 и 1514-1559 см^{-1} . В чистых карбонатах – это частоты, соответствующие спадающей и возрастающей веткам интенсивной полосы поглощения с максимумом при 1490 см^{-1} . В случае керамического материала они характеризуются широкой и интенсивной полосой поглощения валентных колебаний силоксановой связи. Интенсивный максимум при 1866-1884 см^{-1} может быть обусловлен присутствием связей C=O.

Количественная оценка наиболее интенсивных полос в диапазоне 1380-1387 см^{-1} показала, что их минимум характерен для материала желтого кирпича.

Анализ вероятного влияния свойств поверхности керамического материала позволил выявить существенные различия и в степени лиофильности.

Установлено, что равном краевом угле смачивания неполярной жидкостью (гексаном) материал желтого кирпича отличается от красного большим углом смачивания водой - 74° против 62° (табл. 5).

Таблица 5

Свойства поверхности материала кирпича

Кирпич	Краевой угол смачивания, град		Коэффициент лиофильности
	вода	гексан	
красный	62	2	0,53
желтый	74	2	0,72

Наличие специфического взаимодействия поверхности керамического материала с водой может быть проявлением особенностей энергетического состояния его поверхности при взаимодействии с полярными веществами, к которым относится вода. Характер изменений коэффициента лиофильности керамических материалов аналогичен смачиванию их водой.

Кроме прямой адсорбции воды материал кирпича способен к ее капиллярному всасыванию. Этот процесс протекает по времени несколько медленнее, однако конечные деструктивные процессы происходят по аналогии с описанными выше.

Оценка способности капиллярного всасывания материала кирпича при окутании согласно стандарту DIN EN ISO15148 показала существенную зависимость кинетики капиллярного водопоглощения от структуры и степени дефектности (табл. 6).

Материал красного кирпича после 24 часов экспозиции характеризуется большим увеличением массы, чем материал желтого кирпича (19,20 против 16,16 $\text{кг}/\text{м}^2$). Кинетика этого процесса также существенно отличается. Большее конечное значение (5,4 $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{час}^{0,5}$) зафиксировано в случае материала желтого кирпича.

Наличие существенного различия в кинетике адсорбции воды и конечных значениях по капиллярному всасыванию поясняется разницей в показателях среднего размера открытых капиллярных пор (максимум у желтого кирпича – 12,1 нм) и свойствах поверхности материала пор.

Таблица 6

Капиллярное всасывание материала кирпича, W, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{час}^{0,5}$ (DIN EN ISO15148)

Кирпич	Изменение массы, кг/м ²							W		
	3 мин	5 мин	10 мин	30 мин	1 час	5 часов	24 часа	Расчет		по DIN EN ISO 15148
								1 час	24 часа	
крас- ный	0,72	1,01	1,29	2,48	3,72	7,23	19,20	3,7	2,5	3,3
желтый	1,38	1,90	2,43	4,05	5,51	9,81	16,16	4,5	3,3	5,4

5. Выводы

Анализ полученных данных позволяет констатировать, что процесс взаимодействия керамического материала с водой может определяться соотношением между его составом, структурой, степенью дефектности, энергетического состояния поверхности. Подтверждением этому являются количественные параметры таких показателей как пористость и ее характер, водопоглощение, краевой угол смачивания водой. Отмеченные свойства материала кирпича, с нашей точки зрения, играют решающую роль в процессах диффузии водных растворов и образования высолов на поверхности. В практическом отношении - это два взаимосвязанных процесса, которые могут протекать в такой последовательности: адсорбция воды керамическим материалом → ее взаимодействие с водорастворимыми солями → образование солевых водных растворов → диффузия последних в результате изменения градиентов концентрации, влажности, температуры.

Литература

- Hudson Kenneth. Building Materials; chap. 3: Bricks and tiles / London: Longman, 1972. - pp. 28–42.
- Огородник, І. В. Тенденції розвитку виробництва керамічної цегли на Україні [Текст] - Строительные материалы и изделия, 2001. - № 1. - с. 2 – 3.
- The Complete Technology Book on Bricks, Cement and Asbestos / NPCB Board of Consultants & Engineers // NIIR PROJECT CONSULTANCY SERVICES, 2007. - 720 p.
- Oliver John. Brick book. - NZ: Lifetime Books, 2006. - 176 p.
- Fernandes Francisco M. . Ancient Clay Bricks: Manufacture and Properties / Francisco M. Fernandes , Paulo B. Lourenço , Fernando Castro Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures. Part 1. // Springer Netherlands, 2010. - pp 29-48.
- Гудков, Ю. В. Пути повышения эффективности производства изделий стеновой керамики [Текст] / Ю. В. Гудков, В. Н. Бурмиров // Строительные материалы, 2005. - № 2. - С.14-15.
- Kingery, W. Davi. Introduction to Ceramics / W. David Kingery, H. K. Bowen, Donald R. Uhlmann - Wiley-Interscience, 1976 - 1056 p.

8. Химическая технология керамики / Под ред. И.Я. Гузмана. - М.: ООО РИФ "Стройматериалы", 2003. - 496 с.
9. Христофоров, А. И. Зависимость свойств керамических изделий от состава и технологических параметров [Текст] / А. И. Христофоров, С. А. Ястребова // Огнеупоры и техническая керамика, 2006. - № 9. - С.32-36.
10. Kornmann Michel. Clay Bricks and Roof Tiles, Manufacturing and Properties. / Paris: Lasim, 2007. - 308 p.
11. Кашкаев, И. С. Производство глиняного кирпича / И. С. Кашкаев, Е. Ш. Шейнман [Текст] — М.: Высш. шк., 1978. — 248 с.
12. Комплексное развитие сырьевой базы промышленности строительных материалов [Текст] / Удачкин И. Б., Пашенко, А. А., Черняк Л. П., Захарченко П. В., Семидидько А. С., Мясникова Е. А./ – К.: Будівельник, 1988. – 104 с.
13. Шарипов, Р. Я. Заводской опыт внедрения новых технологий для улучшения качества керамического кирпича [Текст] / Р. Я. Шарипов, Г. И. Стороженко. // Строительные материалы, 2005. - № 6.- С.11-13.
14. Огородник И. В. Особенности производства эффективной стеновой керамики [Текст] // Строительные материалы и изделия, 2012. - № 3(74). - С. 23 – 26.
15. Свідерський, В. А. Фізико-хімічні властивості поверхні каолінів і каолінітвмісних глин та їх водних дисперсій [Текст] / В. А. Свідерський, В. Г. Сальник, Л. П. Черняк. - К.: Знання, 2012. – 166 с. – (Сучасна наука).

В статті приведено аналіз властивостей композиційних матеріалів, що дозволило виявити шляхи їх удосконалення. Підвищення жаростійкості та термостійкості композиційного матеріалу на основі стабілізованого кремнезему, відходів металургійного та скляного виробництва, досягалося за рахунок удосконалення структури композиційного матеріалу, введенням армуючих елементів. Для виготовлення композиційного матеріалу застосовували економічний шликерний метод формоутворення у гідрофільну оснастку

Ключові слова: стабілізований кремнезем, шликерне лиття, металоцераміка, жаростійкість, термостійкість

В статье приведен анализ свойств композиционных материалов, что позволило выявить пути их совершенствования. Повышение жаростойкости и термостойкости композиционного материала на основе стабилизированного кремнезема, отходов металлургического и стекольного производств, достигалось путем совершенствования структуры композиционного материала, введением армирующих элементов. Для изготовления композиционного материала был применен экономичный шликерный метод формообразования в гидрофильную оснастку

Ключевые слова: стабилизированный кремнезем, шликерное литье, металлокерамика, жаропрочность, термостойкость

УДК 620.763

ПОВЫШЕНИЕ ЖАРОСТОЙКОСТИ И ТЕРМОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СИСТЕМЫ МЕТАЛЛ- КЕРАМИКА

Н. О. Косицын

Ассистент

Кафедра технологического оборудования
пищевых и перерабатывающих производств,
Одесская национальная
академия пищевых технологий,
ул. Канатная 112, г. Одесса, Украина, 65039
E-mail: gabbernick@ukr.net

1. Введение

Одной из актуальных проблем в различных отраслях народного хозяйства Украины является замена физически и морально устаревшего оборудования, что является сдерживающим фактором в процессе перехода на выпуск высокотехнологической продукции. По данным отдела технологического прогнозирования и инновационной политики Института экономического прогнозирования НАН Украины степень изношенности отечественного оборудования составляет более

50 %, а степень его обновления имеет менее 1,0-1,5 %. Объем финансирования в этом направлении сократился более чем в 2 раза, а на период 2009-2012 г. г. практически не указан.

Среди перспективных и наиболее эффективных научно-технических направлений в решении указанной проблемы является исследование и разработка новых композиционных материалов для замены изношенных деталей, узлов оборудования и восстановления их эксплуатационных характеристик.