

2004. – № 4. – P. 299-308.17. *Gabrieland, D.* Technical and economical analysis of the conversion of a full-scale scrubber to a biotrickling filter for odour control [Текст] / *D. Gabrieland, M. A. Deshusses* // *Water Science and Technology*. – Portland: IWA Publishing. – 2004. – № 4. – P. 309-318. 18. *Бахарева, А. Ю.* Использование биотехнологического метода для очистки промышленных газообразных выбросов от H₂S, NH₃ и SO₂ [Текст] / *А. Ю. Бахарева, В. А. Юрченко* // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2005. – № 5/1(17). – С. 95-99 19. *Бахарева, Г. Ю.* Біотехнологічна очистка газоподібних викидів від H₂S, SO₂ та NH₃ [Текст] / *Г. Ю. Бахарева, В. О. Юрченко* // *Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток наукових досліджень», 7-9 листопада 2005р., Полтава*. – Полтава: «ІнтерГрафіка», 2005. – С. 81-84.

Поступила в редколлегию 10.01.2014

УДК 628

Загрязнение атмосферы городов газообразными выбросами из канализационных сетей/ Бахарева А. Ю., Семенов Е.А. // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.136-141. – Бібліогр.:19 назв. ISSN 2079-5459

Статтю присвячено вирішенню актуального завдання – забезпечити екологічну безпеку навколишнього природного середовища з доведенням концентрацій сірко- та азотвмісних сполук у газоподібних викидах каналізаційних мереж шляхом конвертації їх у екологічно безпечні сполуки. Для доведення концентрації сірко- та азотвмісних сполук у газоподібних викидах з каналізаційних мереж до норм ГДК розроблено біотехнологічний метод.

Ключові слова: газоподібні викиди, сполуки, екологічна безпека, біотехнологічний метод, каналізаційні мережі.

Pollution of city atmosphere with gasiform throw outs from sewerage networks/ A. Yu. Bahareva, E. A. Semenov // *Bulletin of NTU “KhPI”*. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.136-141. Bibliogr.:19. ISSN 2079-5459

The article is devoted to solution of topical ecological problem of ensuring of the environmental state with optimization of H₂S, SO₂ and NH₃ concentrations in gasiform throw outs from sewerage networks to bixed MAD by means of its transformation in ecological safety compounds. The methods for bioenvironmental safe of city atmosphere in gasiform throw outs region, containing H₂S, SO₂ and NH₃ have been developed. The effective biotechnology of gasiform throw outs treatment out of sewerage networks has been proposed.

Keywords: gasiform throw outs, environmental, ecological safety, biotechnological detoxication, sewerage networks.

УДК 666.768

Ю. В. ХАРЫБИНА, аспирант, НТУ «ХПІ»;

Я. Н. ПИТАК, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

О. Я. ПИТАК, ассистент, НТУ «ХПІ»

БЕЗОБЖИГОВЫЕ МУЛЛИТОКОРУНДОВЫЕ ОГНЕУПОРЫ НА ФОСФАТНЫХ СВЯЗКАХ

Рассмотрены вопросы разработки безобжиговых огнеупоров на фосфатных связках для стекловаренных печей. Показаны перспективы расширения разработки безобжиговых муллитокорундовых огнеупоров для получения конкурентоспособных огнеупорных материалов. Обобщение литературных данных позволило установить, что перспективной для получения огнеупорных материалов с повышенными эксплуатационными свойствами являются композиции на основе системы Al₂O₃ - SiO₂ - CaO - P₂O₅.

Ключевые слова: безобжиговые огнеупоры, фосфатные связки, стекловаренная печь

Введение. На сегодняшний день главным и общим направлением научно-технического прогресса в химической, металлургической, машиностроительной отраслях промышленности является разработка и внедрение новых видов конкурентоспособных

© Ю. В. ХАРЫБИНА, Я. Н. ПИТАК, О. Я. ПИТАК, 2014

огнеупоров, обладающих высокими эксплуатационными свойствами. В последние годы в Украине разрабатываются и постепенно приходят на смену традиционным изделиям – новые огнеупоры, значительно термо- и коррозионностойкие, с высокой механической прочностью [1]. Стремление к уменьшению издержек производства, ужесточающиеся экологические стандарты, а так же желание повысить качество выпускаемой продукции являются существенными аспектами в условиях жесткого экономического кризиса. Выбор эффективных огнеупорных материалов для футеровки стекловаренных печей является возможностью оптимального позиционирования на рынке изготовителей стекла, поскольку применение высококачественных огнеупоров является определяющим показателем качества изготавливаемой продукции.

В настоящее время придается немало значения проблемам экологической чистоты технологических процессов и безотходности производства. Важным направляющим стимулом развития современной огнеупорной промышленности является совершенствование существующих и появление новых высокотемпературных технологий, предъявляющих все более высокие требования к условиям эксплуатации огнеупоров. При этом задачи улучшения служебных характеристик огнеупоров неразрывно связаны с соблюдением экологических стандартов, а так же возможностью утилизации отходов производства огнеупоров. Вовлечение в производство огнеупорных материалов 1 % отходов позволяет уменьшить затраты на извлечение минерального сырья на 2 %. [2].

Перспективными путями решения данных исследований является, во-первых, замена дорогостоящих штучных обжиговых огнеупоров безобжиговыми, во-вторых, применение в качестве сырьевых материалов соответствующих промышленных отходов, во многих случаях являющихся бросовым материалом [3].

Анализ проблемной области получения безобжиговых огнеупоров.

Отечественные стекольные предприятия потребляют около 4 % отечественных огнеупоров, поэтому, внедрение новых технологических процессов требует использование более высококачественных огнеупоров [4]. Высокая стоимость зарубежных сырьевых материалов заметно удорожает конечную огнеупорную продукцию, а зачастую ограничивает ее использование. В связи с этим, главными направлениями в производстве огнеупоров являются разработка отечественных материалов, расширение их ассортимента и рациональное использование.

Анализ состояния и основных направлений по совершенствованию производства огнеупоров [5] указывает на преимущество развития технологии безобжиговых огнеупоров. В качестве связующего материала наиболее перспективным следует считать фосфатные соединения, которые хорошо зарекомендовали себя в технологии огнеупоров, обеспечивая высокую термостойкость и прочность огнеупорного материала при высоких температурах [6].

Алюмофосфатные связки (АФС)– коллоидные растворы алюмофосфатов, полученные в результате взаимодействия гидрата технического глинозема с разбавленной ортофосфорной кислотой [7]. Алюмохромфосфатные связки (АХФС)– это водный раствор смешанных фосфатов алюминия и хрома с общей формулой $Al_2O_3 \cdot xCr_2O_3 \cdot (xCrO_3) \cdot yP_2O_5 \cdot nH_2O$ [7], а алюмоборфосфатное связующее (АБФС) является продуктом взаимодействия ортофосфорной и борной кислот с гидратом оксида алюминия.

Учитывая высокую наукоемкость технологии, ее экологические, технологические и ресурсосберегающие аспекты делают ее современной и конкурентоспособной на рынке стройиндустрии. Согласно [8] фосфатные связующие применяются для изготовления высококачественных муллитокорундовых, корундовых, муллитовых изделий, предназначенных для эксплуатации в жестких условиях воздействия высоких температур, агрессивных сред, а так же механических нагрузок.

Хорошая вяжущая способность АХФС, малая кислотность, низкая температура отверждения и высокие адгезионные свойства обеспечивают широкое применение АХФС в технологии высокоглиноземистых огнеупорных материалов. Эти преимущества АХФС перед ортофосфорной кислотой полностью компенсируют относительно большую стоимость этих материалов, что связано с необходимостью применения дополнительного технологического процесса для приготовления АХФС.

На основании [9], можно сделать вывод, в качестве связующего материала фосфатные связки, являются наиболее подходящими в технологии безобжиговых огнеупоров. От безобжиговых огнеупоров требуется ускоренный рост прочности, высокая огнеупорность, сохранение достаточной прочности при нагревании и после нее, стойкость в агрессивных средах. Последнее требование для стекловаренных печей имеет особо важное значение, так как футеровочный материал подвергается не только воздействию высоких температур, но и воздействию химической агрессии среды. Фактор стойкости (химическая стойкость) фосфатных связующих имеет значения 0,66 – 0,75, что является достаточно высоким показателем химической стойкости в агрессивных средах стекловаренных печей.

С учетом существующих в настоящее время в странах производителях тенденции развития высококачественных огнеупоров является актуальным и перспективным обратить свое внимание на изучение и разработку безобжиговых огнеупоров на фосфатных связках для стекловаренных печей. Применение таких материалов позволяет расширить сырьевую базу и снизить себестоимость изготовления огнеупоров при сохранении высоких показателей свойств. Таким образом, огнеупорные изделия на фосфатных связках обладают достаточно высокими исходными физико-механическими характеристиками без применения высокотемпературного обжига, что является весьма актуальным при современном уровне энергодефицита.

Постановка задачи. Целью настоящей работы явилось разработать научные основы технологии безобжиговых муллитокорундовых огнеупоров на основе композиций системы $Al_2O_3 - SiO_2 - CaO - P_2O_5$ для футеровки стекловаренных печей.

Системы, включающие огнеупорные оксиды и соединения, с одной стороны, и композиции оксидов, входящих в состав стекла, с другой стороны, а также оксиды фосфора представляют огромный интерес для описания физико-химических процессов протекающих на контакте огнеупор – шихта при различных температурах службы. Одной из таких систем, имеющих существенное прикладное значение в технологии тугоплавких неметаллических материалов, особенно при рассмотрении вопросов службы огнеупоров в агрессивной среде стекловаренных агрегатов является система $Al_2O_3 - SiO_2 - P_2O_5 - CaO$.

Для этого в статье обосновывается выбор технологии производства безобжиговых муллитокорундовых огнеупоров на фосфатных связках для футеровки варочного бассейна стекловаренных печей.

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что разработка в области огнеупоров нового поколения для стекольной промышленности, в частности безобжиговых на фосфатных связках, позволяют достичь значительного прогресса в технологии огнеупоров [5, 11]. Производство огнеупоров для стекловаренных печей существенно отличается от производства огнеупоров общего назначения. В первую очередь, огнеупоры для кладки стекловаренных печей должны соответствовать таким жестким требованиям:

- 1) иметь точность габариторазмеров и правильность формы;
- 2) иметь высокую механическую прочность при воздействии высоких температур;
- 3) иметь высокую эрозионную устойчивость по отношению к расплаву стекломассы;
- 4) иметь высокую термостойкость на протяжении длительного времени;
- 5) сохранять постоянство объема во время службы.

Стеклоустойчивость или стойкость огнеупоров к коррозии — важнейшее свойство огнеупоров для стекловаренных печей. Существует два вида коррозии: активная и пассивная. При активной коррозии образуются новые легкоплавкие фазы, снижающие рабочие характеристики футеровки. При пассивной коррозии образованные новые фазы являются огнеупорными, они заполняют поры в материале, препятствуя дальнейшему проникновению расплава в объем футеровки. Расплав может, как проникать в глубь футеровки, так и образовывать на поверхности огнеупора контактный слой определенной толщины, который смывается или стекает. Этот процесс удаления продуктов взаимодействия, сопутствующий коррозии, называется эрозией.

Поэтому, выбор огнеупорного материала для футеровки стекловаренных печей является очень серьезным шагом, определяющий общий эксплуатационный ресурс печи, влияя на качество выпускаемой продукции. Качество огнеупорного материала для кладки варочного бассейна стекловаренных печей существенно влияет на качество выпускаемой стекольной продукции, поскольку в процессе эксплуатации частицы огнеупорного материала попадают в расплав стекломассы, снижая качество готового стекла [4, 12]. С учетом вышеизложенного можно сделать выводы, что применение муллитокорундовых изделий для кладки дна варочного бассейна стекловаренных печей является целесообразно.

Огнеупорные изделия на фосфатных связках обладают достаточно высокими исходными физико-механическими характеристиками без применения высокотемпературного обжига. Свойства огнеупорных изделий при первичной термообработке до 400°C на заводе-изготовителе уже обеспечивают необходимую плотность, требуемую монтажную прочность, пористость огнеупорных изделий [13]. Для сооружения различных зон стекловаренной печи применяются огнеупоры различного спектра. Самыми эффективными из традиционных огнеупоров, применяемых в стекловаренных печах, являются электроплавленные бадделеито-корундовые огнеупоры. Однако их применение увеличивает затраты на производство стекла, а планируемая длительность межремонтных кампаний печей не всегда достигается. Кроме того, серьезным недостатком бакоровых огнеупоров является их пониженная термостойкость, особенно в интервале температур 1000-1200°C при нагревании и 1000-900°C при охлаждении, что связано с полиморфными превращениями диоксида циркония, вызывающими объемные изменения в материале [14]. Одним из существенных недостатков бакоровых огнеупоров является также их химическая и минералогическая неоднородность по толщине отливки, образующаяся из-за специфических условий охлаждения и кристаллизации. Возникшие крупнокристаллические зоны снижают стеклоустойчивость огнеупора. Частично эти недостатки удается устранить в цирконоглино-глиноземистых огнеупорах на фосфатном связующем.

Обобщая литературные данные, следует отметить, что в последние годы широко изучены свойства плавленных и спекшихся алюмосиликатных огнеупоров и по полученным результатам созданы новые огнеупорные материалы. Однако у этих огнеупоров имеются специфические для каждого материала приведенные выше недостатки, которые ограничивают область их применения. Наиболее эффективными разновидностями огнеупоров, предназначенных для кладки дна варочного бассейна стекловаренных печей, являются муллитокорундовые, муллитовые, огнеупоры таких марок МКС-90, МЛС-62, СВНС-4, СВНС-6. Поэтому остается актуальной проблемой создания и всестороннему исследованию муллитокорундового огнеупорного материала на фосфатном связующем с целью применения в стекловаренных печах и других высокотемпературных тепловых агрегатах. Однако, сложность физико-химических процессов, обуславливающих процессы твердения и структурообразования материалов на фосфатных связках, а так же недостаточное количество систематизированных данных о зависимости их свойств от состава и технологических параметров изготовления требуют более детального изучения и опыта

применения в различных областях промышленности. Так же мало изучены физико-химические процессы, происходящие в материале при нагревании до высоких температур (1550°С) без которых невозможно прогнозировать надежную службу изделий. Важно отметить, при прогнозировании технических свойств безобжиговых огнеупоров на фосфатных связках следует учитывать химический, минералогический состав компонентов шихты, а так же кинетику дегидратации фосфатных связующих, фазовый состав новообразований в результате взаимодействия порошковых компонентов со связующим, так как в настоящее время отсутствуют систематизированные данные о зависимости технических свойств фосфатных материалов от их состава [10].

Поэтому, с целью улучшения эксплуатационных характеристик муллитокорундовых огнеупорных изделий и расширения сырьевой базы для ее изготовления, большой интерес представляет проведение исследований влияния фосфатных связок на свойства готовых изделий.

Выводы. В результате изучения литературных источников установлено, что неотъемлемым этапом в процессе получения высококачественного стекла является применение высококачественных огнеупорных материалов. Одним из элементов, который находится в наиболее агрессивных условиях в процессе службы и к которым предъявляются высокие требования, является дно стекловаренной печи.

Две основные проблемы – интенсификация технологических процессов и экономное использование энергоресурсов – выдвигают повышенные требования к различным огнеупорным материалам. Поэтому актуальной задачей является разработка, исследование и внедрение в промышленность принципиально новых, стойких к повышенным тепловым нагрузкам огнеупорных материалов и организация производства большиеразмерных конструкций на их основе, которые позволят расширить ассортимент и индустриализировать строительство и ремонт тепловых агрегатов.

Таким образом, внедрение современных связующих для усовершенствования огнеупорной матрицы и свойств муллитокорундовых изделий позволят получить нам новые виды конкурентоспособных огнеупорных изделий для стекловаренных печей с повышенной высокотемпературной коррозионной стойкостью в агрессивной среде варочного бассейна. Замена традиционных обжиговых огнеупоров безобжиговыми изделиями позволяет индустриализировать строительство и ремонт тепловых агрегатов, принимать принципиально новые технические решения при разработке конструкций печей и улучшить их эксплуатационные свойства, что в конечном итоге характеризуется высокой экономической эффективностью. Применение фосфатных связующих для изготовления муллитокорундовых изделий значительно упрощает технологию изготовления огнеупорных материалов, исключает их высокотемпературный обжиг или плавку шихты, сокращает технологические потери и снижает себестоимость материала. По своим эксплуатационным свойствам высокоглиноземистые огнеупоры на фосфатных связующих не только не уступают традиционным, но часто и превосходят их.

Внедряя в производство безобжиговые огнеупоры на фосфатных связках, можно разрешить задачи совершенствования, в частности, разработки новых составов технических материалов, которые по методам изготовления и способам применения могут быть отнесены к строительным материалам, а по физико-химическим свойствам являются огнеупорами.

Список литературы: 1. Семченко, Г.Д. Неформованные огнеупоры [Текст] / Г.Д. Семченко – Харьков: НТУ «ХПИ», – 2007.–304 С. 2. Сорокин, Ю. В. Переработка и использование техногенных отходов на предприятиях горно-металлургической отрасли [Текст] / Ю. В. Сорокин, Л. А. Смирнов, Л. А. Шубин // Сталь. – 2005. – № 6. – С. 148–150. 3. Абызов, В.А. Жаростойкий газобетон на основе алюмомагнийфосфатного связующего и высокоглиноземистых промышленных отходов: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.05 / Юж.-Урал. гос. ун-т. – Челябинск, 2000.–21 С. 4. Аксельрод, Л. М. Огне-

упорная промышленность России в фокусе общемировых тенденций [Текст] / Л.М. Аксельрод // Сб. докл. Междунар. конф. С элементами научной школы для молодежи «Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии», Белгород, 9 – 12 нояб. 2010 г. – Белгород : И зд-во БГТУ, 2010. – С. 14 – 29. **5.** Скурихин, В. В. Традиционные и новые огнеупорные материалы для строительства и ремонта стекловаренных печей [Текст] / В. В. Скурихин, И. Н. Ермаков // Стекло и керамика. – 2004. – № 10. – С. 36–39. **6.** Семченко, Г. Д. Вогнетривкі виробі для футерування теплових технологічних агрегатів: навч. посіб. [Текст] / Г. Д. Семченко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – 176 С. **7.** Кащеев, И. Д. Химическая технология огнеупоров: учебное пособие [Текст] / И. Д. Кащеев, К. К. Стрелов, П. С. Мамыкин М.: – Интернет Инжиниринг, 2007. – 752 С. **8.** Копейкин, В. А. Материалы на основе металлофосфатов [Текст] / В. А. Копейкин, А. П. Перова, И. Л. Рашкован – М.: Химия, 1976. – 200 С. **9.** Хлыстов, А. И. Физико-химические основы определения составов жаростойких бетонов [Текст] / А. И. Хлыстов // Строительные материалы. – 1998. – № 8. – С. 8–9. **10.** Шаяхметов, У. Ш. Фосфатные композиционные материалы и опыт их применения [Текст] / У. Ш. Шаяхметов – Уфа: РИЦ «Старая Уфа», 2001.–150 С. **11.** Попов, О. Н. Состояние и перспективы развития производства и рационального применения огнеупорных материалов в стекловаренных печах [Текст] / О. Н. Попов // Новые огнеупоры. 2002. № 1. С. 44–49. **12.** Семенов, Б. А. Методика и результаты оптимизации параметров системы обдува ограждений варочного бассейна стекловаренных печей [Текст] / Б. А. Семенов, Н. А. Озеров // Вестник СГТУ, 2011. № 4(59). Выпуск 1. **13.** Кононов, В. А. Производство огнеупорных материалов в России и перспективы его развития: в 2 ч. Ч. II. Анализ работы огнеупорных предприятий за 199–2001 гг. [Текст] / В. А. Кононов // Огнеупоры и техническая керамика. 2002. № 1. С. 40–47. **14.** Галдина, Н. М. Электроплавленные огнеупоры для стекловаренных печей [Текст] / Н. М. Галдина, Л. Л. Чернина М.: Стройиздат» 1975 - 181 С., ил.

Поступила в редколлегию 20.01.2014

УДК 666.768

Безобжиговые муллитокорундовые огнеупоры на фосфатных связках/ Ю. В. Харьбина, Я. Н. Питак, О. Я. Питак // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.141-146 . – Бібліогр.:14 назв. ISSN 2079-5459

Розглянуто питання розробки безвипальних вогнетривів на фосфатних зв'язках для скловарних печей. Показані перспективи розширення розробки безвипальних мултікорундових вогнетривів для отримання конкурентоспроможних вогнетривких матеріалів. Узагальнення літературних даних дозволило встановити, що перспективною для отримання вогнетривких матеріалів з підвищеними експлуатаційними властивостями є композиції на основі системи $Al_2O_3 - SiO_2 - CaO - P_2O_5$

Ключові слова: безвипальні вогнетриви, фосфатні зв'язки, скловарна піч

Unburned mullite corundum refractories on the phosphate ligaments/ Y.V. Kharybina, Y.N. Pitak, O.Y. Pitak // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.141-146. Bibliogr.:14. ISSN 2079-5459

Issue development unburned refractories on the phosphate ligaments for glass furnaces are considered. The prospects for expansion development unburned mullite corundum refractories for competitive refractory materials. Generalization of the literature dates that promising for refractory materials with improved performance characteristics based on composition system $Al_2O_3 - SiO_2 - CaO - P_2O_5$ are revealed.

Key words: unburned refractories, phosphate ligaments, glass furnaces

УДК 661.152.4

Р. О. ОСТРОГА, аспірант, Сумський державний університет

КІНЕТИКА КАПСУЛЮВАННЯ ГРАНУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ОРГАНІЧНОЮ ОБОЛОНКОЮ

Розроблена математична модель процесу капсулювання мінеральних гранул органічною оболонкою в апараті псевдозрідженого шару. Отримані залежності для визначення товщини органічної оболонки та швидкості росту гранул. Запропоновано рівняння для визначення розміру отриманих в апараті

© Р. О. ОСТРОГА, 2014