

УДК 666.32

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ДОМЕННОГО ШЛАКА В СОСТАВЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ МАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ (КЕРАМДОРА)

Монтаев С.А., Шингужиева А.Б., Монтаева Н.С., Досов К.Ж., Есмухан Б.О.
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск,
e-mail: shing.a@mail.ru

Состояние современных дорог постоянно требует повышенного внимания. Правительством Республики Казахстан поставлены приоритетные задачи, направленные на строительство новых и реконструкцию старых дорог. Анализ производства керамического дорожного материала показал, что имеются исследования по разработке дорожного материала с использованием различных материалов и отходов промышленно-сти, такие как мелкозернистый песок, wollastonитосодержащий шлак, дробленое стекло, разные виды руд, хрома и др., которые позволяют получить не только дешевый искусственный щебень, но и улучшить экологическую обстановку путем утилизации отходов. В статье представлены результаты научно-экспериментальных работ по использованию гранулированного доменного шлака Карагандинского металлургического комбината (г. Темиртау, Казахстан) в составе керамической массы для получения керамического заполнителя (керамдора). Исследованию подвергались керамические композиции, включающие компоненты в следующих соотношениях, мас. %: глина – 85–95; доменный шлак – 5–15. Разработаны рациональные компонентные составы и технологические режимы термообработки, соответствующие критериям ускоренного обжига, что позволяет сэкономить энергетические затраты. Предлагаемая технология производства керамического заполнителя (керамдора) позволяет до 30% использовать доменные гранулированные шлаки, что способствует частичной утилизации их с выходом востребованного готового продукта. Результаты исследований служат основой для разработки ресурсо- и энергосберегающих технологий и позволяют значительно расширить сырьевую базу производства керамических заполнителей.

Ключевые слова: керамдор, керамический заполнитель, керамическая композиция, гранулированный доменный шлак, прочность, вращающаяся печь, температура обжига, технологическая схема

USE OF GRANULAR DOMAIN SLAG IN THE CERAMIC MASS COMPOSITION FOR OBTAIN THE CERAMIC AGGREGATES (CERAMDOR)

Montaev S.A., Shinguzhieva A.B., Montaeva N.S., Dosov K.Zh., Esmukhan B.O.
West Kazakhstan agrarian-technical University named after Zhangir Khan, Uralsk,
e-mail: shing.a@mail.ru

The condition of modern road constantly requires increased attention. The Government of the Republic of Kazakhstan has set priorities for the construction of new and reconstruction of old road. Analysis of the production of ceramic road material showed that there are many studies on the development of road material using various materials and industrial wastes such as fine-grained sand, wollastonitaceous slag, crushed glass, different types of ores, chromium etc., which make it possible to obtain not only cheap artificial crushed stone, but also to improve the environment by recycling. The article presents the results of scientific and experimental work on the use of granulated blast-furnace slag from the Karaganda Metallurgical Plant (Temirtau, Kazakhstan) as part of the ceramic mass to produce ceramic aggregate (ceramic material). Ceramic compositions, including components in the following ratios, wt. %: clay – 85-95; blast furnace slag – 5-15. Developed rational component compositions and technological modes of heat treatment that meet the criteria for accelerated roasting, which saves energy costs. The proposed technology for the production of ceramic aggregate (ceramdor) allows up to 30% of the use of blast-furnace granulated slags, which helps to partially utilize them with the release of the demanded finished product. The research result serves as the basis for the development of resource and energy saving technologies and allows to significantly expanding the raw material base for the production of ceramic aggregates.

Keywords: ceramdor, ceramic aggregate, ceramic composition, granulated blast furnace slag, strength, rotary kiln, roasting temperature, technological scheme

В Республике Казахстан одним из приоритетных направлений является строительство автомобильных дорог. В последние годы резко увеличилось объемы строительства автомобильных дорог не только между регионами страны, но и со странами СНГ. Наряду с развитием строительства автомобильных дорог в стране быстрыми темпами ведется строительство гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений. В этой

связи растет число новых предприятий по производству бетонов, асфальтобетонов, железобетонных конструкций и изделий. Как следствие, резко возрос спрос на крупные заполнители в виде щебня. Однако природный щебень, используемый в качестве крупных заполнителей во всех видах бетонов и асфальтобетонов, а также применяемых в нижних слоях дорожной одежды, имеется не во всех регионах страны. Поэтому возникают проблемы касательно

своевременной доставки и удорожания привозного крупного заполнителя из-за высоких тарифов транспортных услуг.

В этой связи разработка научно обоснованных инновационных технологических решений по созданию искусственных заполнителей с вовлечением природных и крупнотоннажных техногенных ресурсов Казахстана является актуальной задачей.

Исследованиям, направленным на разработку технологии производства искусственных заполнителей на основе различных сырьевых материалов, посвящены труды многих ученых.

Имеются работы, посвященные получению керамдора с использованием суглинков и мелкозернистого песка [1], на основе суглинков с использованием волластонитосодержащих шлаков [2].

Результаты исследований авторов показали, что керамический дорожный материал имеет улучшенные теплотехнические свойства и высокие прочностные характеристики.

Так, ученые, исследовав запас сырьевой базы для получения высококачественного щебня, установили, что для его производства возможно использовать апатитонепелиновые руды, оленегорское железорудное сырье, ковдорские комплексные руды, сопчеозерские хромы [3]. Их использование позволяет решить экологические проблемы и организацию производства дешевого щебня из крупнотоннажных сырьевых ресурсов.

Зарубежные ученые [4] исследовали вторичное дробленое стекло, которое является основным побочным продуктом отрасли переработки стекла. Недостаточные знания характеристик вторичного стекла и его экологических рисков являются основным препятствием в его применении в дорожных работах. Для изучения возможности использования стекла в дорожном строительстве в качестве альтернативы природным заполнителям был проведен комплекс геотехнических и экологических испытаний по двум распространенным типам переработанного дробленого стекла (тонкого переработанного стекла и вторичного переработанного стекла). Было обнаружено, что переработанное стекло обладает либо эквивалентной, либо превосходной обрабатываемостью, гидравлической проводимостью и прочностью на сдвиг к природным заполнителям и показывает возможность замены натуральных песчаных и гравийных смесей в некоторых случаях дорожного строительства. Для решения экологических проблем использования рециклированного стекла в дорожных работах был проведен ряд хи-

мических и экологических испытаний. По результатам испытаний было установлено соответствие требованиями комитета по охране окружающей среды, а также в течение срока эксплуатации переработанного стекла в дорожном полотне не будет наблюдаться никакой опасности выщелачивания.

В работе [5] представлены результаты лабораторного исследования по использованию заполнителей в битумных смесях для дорожных покрытий. Заполнители были получены путем дробления и просеивания (0,00–0,063 мм) зол из мусоросжигательных заводов и стальных шлаков. Результаты показывают, что используемый заполнитель пригоден для использования в битумных смесях, повышаются эксплуатационные характеристики качества дорожного полотна.

Зарубежные ученые исследуют возможность использования угольной [6–8] летучей золы в производстве керамических материалов. Использование таких отходов позволяет улучшить экологическую обстановку, получить высокий экономический эффект.

Анализ проводимых научных исследований в этом направлении доказывает высокую перспективность и особую актуальность с точки зрения расширения сырьевой базы с вовлечением крупнотоннажных техногенных и легкодоступных природных сырьевых ресурсов.

Цель исследования: установление возможности получения керамического дорожного материала на основе композиции глина – гранулированный доменный шлак.

Материалы и методы исследования

Основное сырье, используемое в работе – глина месторождения «Аккыстау» Атырауской области. В качестве второго компонента использовался гранулированный доменный шлак металлургического завода (г. Темиртау).

Глина месторождения «Аккыстау» представляет собой породу темно-коричневого цвета. По содержанию оксида алюминия относится к группе кислого сырья, а по огнеупорности к легкоплавким. По содержанию оксида железа к сырью с высоким содержанием красящих оксидов.

Пластичность использованных глинистых материалов представлена в табл. 1.

Таблица 1
Пластичность глинистых компонентов

Наименование глин	Число пластичности	Классификация по ГОСТ 9169-75
Глина месторождения «Аккыстау»	10	умеренно пластичный

Гранулометрический состав доменного гранулированного шлака представлен в табл. 2.

Макроструктуры глины месторождения Аккыстау Атырауской области и гранулированного доменного шлака (г. Темиртау) представлены на рис. 1.

На начальном этапе сырьевые материалы подвергались сушке в сушильном шкафу при температуре 95–100 °С до остаточной влажности 5–7%. Высушенные сырьевые материалы подвергались помолу в лабораторной шаровой мельнице МШЛ-1П до полного прохождения через сито № 1,0.

Исследованию подвергались керамические композиции, включающие компоненты в следующих соотношениях, мас. %: глина – 85–95; доменный шлак – 5–15. Затем компоненты дозировались с помощью электронных весов и насухо, тщательно перемешивались в сферической чаше до получения однородной смеси. В насухо перемешанную смесь добавлялась вода в количестве 20–23% от массы сухого компонента, и снова перемешивались до получения пластичной массы.

Из полученной керамической массы формовались гранулы диаметром 5–10, 10–20 мм. Полученные образцы гранул подвергались подсушке до остаточной влажности 10–12% и обжигались в лабораторной вращающейся печи марки RSR120/1000/13 при температуре 1100 °С по специально разработанному режиму. Обожженные гранулы охлаждались с помощью встроенного вентилятора, предусмотренного в конструкции в конце вращающейся печи.

Фрагменты процесса обжига во вращающейся печи и термообработанные образцы гранул при температуре 1100 °С представлены на рис. 2.

Готовые образцы гранул подвергались испытанию в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний».

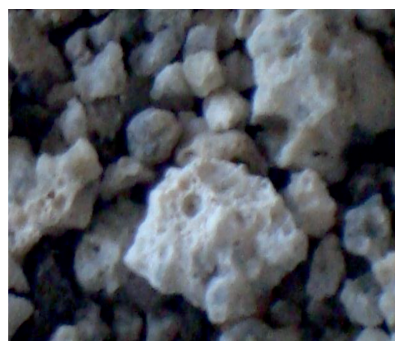
Таблица 2

Гранулометрический состав доменного гранулированного шлака

Диаметр отверстий сита, мм	Более 3,0	1,6	1,25	0,63	0,315	0,14 и менее
Остаток на сите, %	25–29	14–16	20–24	21–25	8–10	1–2



а) глина месторождения «Аккыстау»



б) доменный гранулированный шлак (г. Темиртау)

Рис. 1. Макроструктуры (а) глины месторождения «Аккыстау» Атырауской области и (б) гранулированного доменного шлака (г. Темиртау)



а)



б)



в)

Рис. 2. Фрагменты процесса обжига а, б) во вращающейся печи, в) термообработанные при температуре 1100 °С образцы гранул

Физико-механические характеристики полученных образцов гранул:

водопоглощение, %.....	3,2–3,5 %
морозостойкость, цикл.....	не менее 50
прочность зерен при сдавливании в цилиндре, МПа.....	6,2–6,4
плотность, кг/см ³	1,1–1,4

Результаты исследования и их обсуждение

На основании полученных научно-экспериментальных данных разработаны рациональные составы керамической массы на основе глинистых пород, модифицированные доменными гранулированными шлаками. Благодаря подбору рациональных составов керамической композиции и режимов термообработки во вращающиеся печи образцы гранул после ускоренного обжига имели плотно и прочно спеченную структуру без трещин. Кроме того использование доменного гранулированного шлака в составе керамической композиции способствовало формированию шероховатой поверхности гранул, что позволяет обеспечивать лучшее сцепление с вяжущими компонентами в составе бетонов и асфальтобетонов.

Физико-механические свойства полученных образцов гранул соответствуют требованиям ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний».

На основании проведенных научно-экспериментальных работ разработана технологическая схема производства керамдора на основе керамической композиции в системе глина – гранулированный доменный шлак. Предлагаемая технологическая схема производства керамдора представлена на рис. 3.

Выводы

На основании проведенных научно-экспериментальных работ установлена возможность получения керамического заполнителя на основе сырьевой композиции глина – доменный гранулированный шлак. Разработаны рациональные компонентные составы и технологические режимы термообработки, соответствующие критериям ускоренного обжига, что позволяют экономить энергетические затраты.

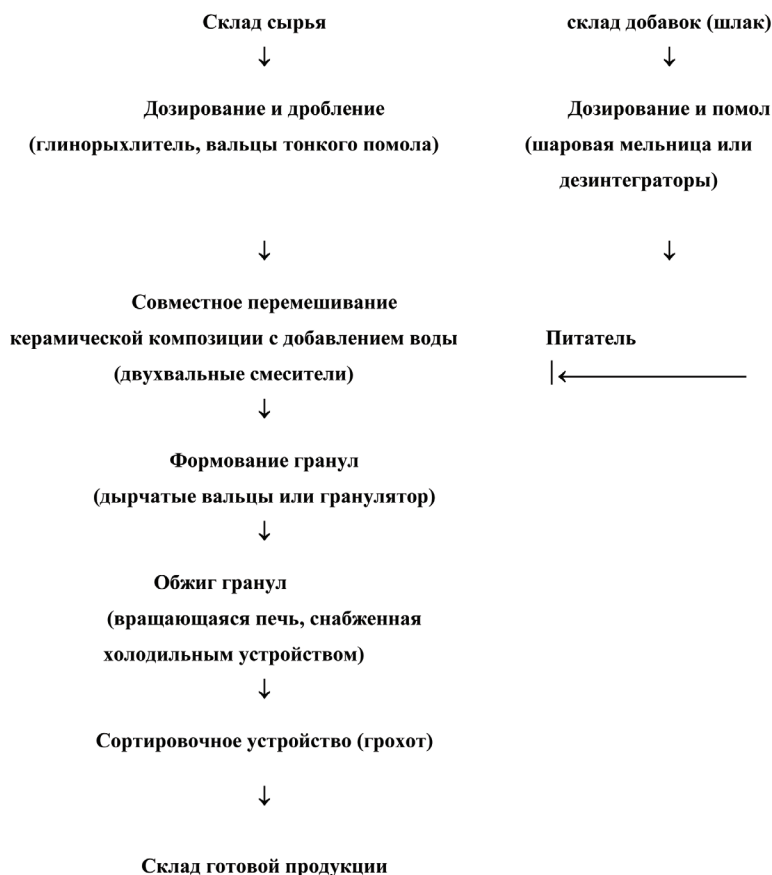


Рис. 3. Технологическая схема производства керамдора

Предлагаемая технология производства керамического заполнителя (керамдора) позволяет до 30% использовать доменные гранулированные шлаки, что способствует частичной утилизации их с выходом востребованного готового продукта.

Результаты исследований служат основой для разработки ресурсо- и энергосберегающей технологии и значительно расширяют сырьевую базу производства керамических заполнителей.

Список литературы

1. Монтаев С.А., Шингужиева А.Б., Монтаева Н.С. Исследование возможности получения керамического дорожного материала (керамдора) на основе природных техногенных ресурсов Западного Казахстана // Международный журнал прикладных и фундаментальных наук. 2018. № 10. С. 29–32.
2. Монтаев С.А., Жарылгапов С.М., Рыскалиев М.Ж. Керамический дорожный материал (искусственный заполнитель) на основе глинистых пород Западного Казахстана, модифицированных упрочняющей добавки // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 11–2. С. С. 205–209.
3. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Лашук В.В., Пак А.А. Вскрышные породы месторождений Кольского полуострова и получение щебня на их основе // Экология промышленного производства. 2007. № 1. С. 64–73.
4. M.M. Disfani A. Arulrajah M. W. BoN. Sivakugan. Environmental risks of using recycled crushed glass in road applications. *Journal of Cleaner Production*. 2012. Vol. 20. Issue 1. P. 170–179. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.07.020.
5. Dario Topini, Emanuele Toraldo, Luca Andena, Edoardo Mariani. Use of recycled fillers in bituminous mixtures for road pavements. *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 159. P. 189–197. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.10.105.
6. Chaoxin Li, Yi Zhoua, Yuming Tiana, b, Yuanyuan Zhaoa, Kaiyue Wanga, Guomin Li, Yuesheng Chai. Preparation and characterization of mullite whisker reinforced ceramics made from coal fly ash. *Ceramics International*. 2018. Vol. 45. Issue 5. P. 5613–5616. DOI: 10.1016/j.ceramint.2018.12.021.
7. Yang Luo, Ying-hong Wu, Shu-hua Ma, Shi-li Zheng, Paul K. Chu An eco-friendly and cleaner process for preparing architectural ceramics from coal fly ash: Pre-activation of coal fly ash by a mechanochemical method. *Journal of Cleaner Production*. 20 March 2019. Vol. 214. P. 419–428. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.292.
8. Yang Luo, Shili Zheng, Shuhua Ma, Chunli Liu, Xiaohui Wang. Preparation of sintered foamed ceramics derived entirely from coal fly ash *Construction and Building Materials*. 28 February 2018. Vol. 163. P. 529–538. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.12.102.