

С.А. Монтаев¹, К.Ж. Досов¹, А.Б. Шингужиева¹, Н.С. Монтаева¹

¹Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г Уральск, Казахстан

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ДОМЕННОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ШЛАКА АО “АРСЕЛОРМИТТАЛ ТЕМИРТАУ” НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО ДОРОЖНОГО МАТЕРИАЛА

Аннотация. В статье приведены результаты научно-экспериментальных работ по установлению основных закономерностей изменения физико-механических свойств гранулированных образцов керамического дорожного материала в зависимости от дисперсности шлака в интервале температур обжига 950-1000°C. В качестве объекта исследования выбраны суглинки Атырауского месторождения и доменный гранулированный шлак «АрселорМиттал Темиртау». По результатам аналитического обзора трудов отечественных и зарубежных ученых установлена особая актуальность использования крупнотоннажных отходов промышленности и легкодоступных природных местных ресурсов, обеспечивающих ресурсосбережение и экологическую эффективность дорожного и промышленно-гражданского строительства. Сравнительный анализ показывает, что рост прочности образцов при сдавливании в цилиндре при температуре обжига 1000°C и имеющих дисперсность гранулированного шлака прошедших через сито 0,315 составляет почти в 2 раза.

Ключевые слова: дисперсность, керамический дорожный материал, температура обжига, керамическая композиция, суглинок, гранулированный доменный шлак.

• • •

Түйіндеме. Мақалада 950-1000°C күйдіру температурасы аралығында қождың дисперстілік тәуелділігі бойынша, керамикалық жол төсемі материалының түйіршіктелген үлгілерінің физика-механикалық қасиеттерінің өзгеріске ұшырауының негізгі заңдылықтарын анықтау бойынша ғылыми-эксперименттік жұмыстардың нәтижелері келтірілген. Зерттеу объектісі ретінде Атырау кен орнының саздақтары және «АрселорМиттал Темиртау» АҚ-ның домналық түйіршіктелген қожы таңдап алынды. Отандық және шетелдік ғалымдардың еңбектеріне аналитикалық шолу жасау нәтижелері бойынша жол және өнеркәсіптік-азаматтық құрылыстың ресурс үнемдеу мен экологиялық тиімділігін қамтамасыз ететін өнеркәсіптің ірі тоннажды қалдықтары мен қолжетімді жергілікті табиғи ресурстарды пайдаланудың ерекше өзектілігі анықталып қойылды. Салыстырмалы сараптаманың көрсетуі бойынша 10000°C темпе-

ратурада күйдірілген және 0,315 електен өткізілген түйіршіктелген қож дисперсиясы бар үлгілердің беріктігі екі есе дерлік артық екенін көрсетеді.

Түйінді сөздер: дисперстілік, керамикалық жол төсем материалы, күйдіру температурасы, керамикалық композиция, саздақ, түйіршіктелген домна қожы.

Abstract. The article presents the results of scientific and experimental work on establishing the basic consistency patterns of changes in the physical and mechanical properties of granular samples of ceramic road material depending on the dispersion of slag in the firing temperature range of 950-100000C. Loam from the Atyrau deposit and blast-furnace granulated slag «ArselorMittal Temirtau were selected as the object of study. According to the results of the analytical review of the works of domestic and foreign scientists, the urgency of using large-tonnage industrial wastes and easily accessible natural local resources that provide resource-saving and environmental efficiency of road and industrial-civil construction has been established. The analysis of the changes in the physical and mechanical properties of the ceramic mass revealed that finely dispersed granulated slag powders intensify the sintering process in compositions with clay minerals under high temperatures. A comparative analysis shows that the increase in the strength of samples upon compression in a cylinder at a calcination temperature of 1000°C and having a dispersion of granular slag passing through a 0.315 sieve is almost 2 times.

Keywords: grinding, ceramic road material, firing temperature, ceramic composition, clay soil, granular blast furnace slag.

Введение. Дорожное строительство является одним из крупнейших потребителей материальных ресурсов. Данная отрасль потребляет значительные объемы природных сырьевых материалов для устройства конструктивных слоев дорожных одежд и, соответственно, располагает значительными резервами ресурсосбережения при производстве работ по строительству и ремонту дорожных конструкций. При этом, ресурсосбережение может быть достигнуто как на стадиях производства дорожно-строительных материалов и их транспортирования к месту производства работ, так и за счёт расширения применения местных материалов [1-2]. Исходя из экологических и экономических предпосылок в дорожном строительстве, особенное научно-практическое значение имеет тенденция минимизировать использование дефицитных и относительно дорогих материалов и расширить применения крупнотоннажных отходов и побочных продуктов промышленности [3-4]. С точки зрения использования легкодоступ-

ных местных материалов для дорожного и промышленно-гражданского строительства наибольший интерес представляет керамический дорожный материал (керамдор), получаемый путем обжига гранул на основе глинистых керамических масс [5]. Использование крупнотоннажных отходов промышленности в производстве строительных материалов имеет мировое значение, о чем свидетельствуют опубликованные научные труды отечественных и зарубежных ученых. Полученные результаты научно-экспериментальных работ доказывают эффективность активизации применяемых минеральных отходов промышленности, используя новые технологические решения. Среди них можно особо выделить механическую и химическую активацию сырьевых смесей, значительно увеличивающих реакционную способность и улучшающих физико-механические свойства готового продукта [6-9].

Цель исследования – установление основных закономерностей изменения физико-механических свойств образцов керамического дорожного материала от дисперсности доменного гранулированного шлака АО «АрселорМиттал Теміртау».

Материалы и методы исследований. В качестве основного глинистого сырья использовали лёссовидный суглинок Атырауского месторождения. Определение содержания химических элементов (весовой и атомный) исследуемого сырья проводилось растровым электронном микроскопе JSM-6390LV с системой энерго-дисперсионного микроанализа, рентгеновском дифрактометре X'Pert PRO MPD (Таблица 1), масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой ICP-MS Agilent 7500cx (фирма JEOL, Япония). Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в лёссовидных суглинках Атырауского месторождения

Химический элемент	Весовой, %	Атомный, %
C	7.99	12.92
O	50.94	61.83
Na	0.64	0.54
Mg	1.41	1.13
Al	5.47	3.94

Si	19.40	13.42
K	1.66	0.82
Ca	7.58	3.67
Ti	0.28	0.11
Mn	0.08	0.03
Fe	4.54	1.58

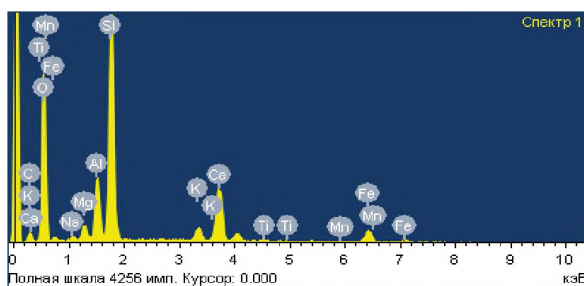
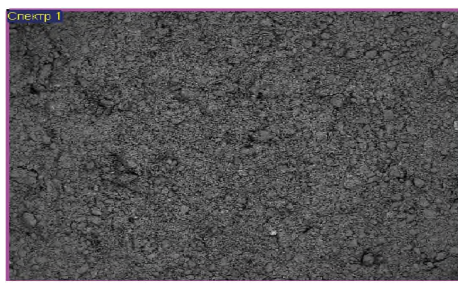


Рисунок 1 – Химический элементный состав, спектры и электронно-микроскопический снимок суглинка Атырауского месторождения

Как показывают результаты исследования в качестве основных химических элементов в суглинке в весовом отношении присутствуют: Si - 19.40%, Al - 5.47%, Ca - 7.58, Fe - 4.54, С - 7.99%, О - 50.94%, Na - 0.64%, Mg- 1.41%. При этом содержание в суглинке Ti и Mn незначительны. Доменный гранулированный шлак АО «Арселор-Миттал Теміртау» представляет собой – сыпучий материал серого цвета. Резкое охлаждение шлакового расплава в процессе грануля-

ции обуславливает в основном его стекловидное строение. Содержание стеклофазы в них составляет 65-97% (рисунок-2)



а – увеличение x 10

б – увеличение x 50.

Рисунок – 2 Микрофотографии доменного гранулированного шлака
АО «АрселорМиттал Теміртау»

Методы проведения научно-экспериментальных работ. Сначала сырьевые материалы сушились в сушильном шкафу. Далее по отдельности разламывались в шаровой мельнице. При этом суглинок размалывался до полного прохождения через № 1,0. Из доменного гранулированного шлака приготовились три партии порошка, прошедшие через сито № 1,0, № 0,63 и № 0,315. Для проведения научно-экспериментальных работ использован фиксированный состав сырьевой смеси ограниченных следующим предельным концентрацией компонентов, масс. %: суглинок - 85, доменный гранулированный шлак-25. Путём взвешивания сырьевые материалы дозировались согласно исследуемого состава и загружались в лабораторную мешалку для сухого совместного перемешивания. После достижения однородной смеси в мешалку добавлялась вода и снова всё тщательно перемешивалось до получения пластической керамической массы. Формовочная влажность керамической массы составляла 25-27% от массы сухих компонентов. Из керамической массы формовались гранулы диаметром 10-20 мм. Полученные гранулы сушились в сушильном шкафу до остаточной влажности 8-10%.

Результаты и обсуждения. Полученные сырцовые гранулы керамдора подвергались скоростному обжигу в лабораторной вращающейся печи со скоростью поднятия температуры 45-50 °С в минуту. Исследования проводили в интервале температуры обжига 950 и 1000 °С. Общий вид термообработанных образцов гранул в интервале температур обжига 950 - 1000 °С представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Лабораторные термообработанные образцы гранул в интервале температур 950 - 1000 °С

Определение прочности гранул при сдавливании в цилиндре проводилось согласно ГОСТ 9758-2012 «Заполнители пористые неорганические для строительных работ». Марку образцов керамдора идентифицировали согласно ГОСТ 22263-76 «Щебень и песок из пористых горных пород (ТУ). Для сравнительного анализа результатов научно-экспериментальных работ параллельно формировались контрольные образцы на основе керамических масс из чистого суглинка. Результаты научно-экспериментальных работ термообработанных образцов при температуре 1000°С керамического дорожного материала представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Физико-механические свойства керамических образцов термообработанных при температуре 1000°С

Дисперсность. Порошки, прошедшие через сито (размер ячеек сита в мм)	Средняя плотность, г/см ³	Прочность при сдавливании в цилиндре, кгс/см ²	Водопоглощение, %
1,0	1,57	65,1	13,6
0,63	1,59	85,4	10,8
0,315	1,62	110,2	7,5
Контрольные образцы без добавок	1,48	32,2	19,3

Результаты анализа физико-механических свойств термообработанных гранул при температуре 1000°С позволили установить ос-

новые закономерности их изменения в зависимости от дисперсности гранулированного шлака. С увеличением дисперсности гранулированного шлака наблюдается увеличение показателей средней плотности и прочности при сдавливании в цилиндре образцов гранул. При температуре обжига 1000°C увеличения степень указанных свойств. Так, средняя плотность возрастает от $1,57\ 1,62\text{г/см}^3$ до $1,62\ \text{г/см}^3$ а прочность при сдавливании в цилиндре от $65,1\ \text{кгс/см}^2$ до $110,2\ \text{кгс/см}^2$. Следует отметить, что степень прочностных показателей образцов гранул сильно возрастает с увеличением дисперсности гранулированного шлака. Сравнительный анализ показывает, что прочность образцов при сдавливании в цилиндре при температуре обжига 1000°C и имеющих дисперсность гранулированного шлака прошедших через сито $0,315$ увеличивается почти в 2 раза. По-видимому, тонкодисперсные порошки гранулированного шлака интенсифицирует процесс спекания в композиции с глинистыми минералами под воздействием высокой температуры. Благодаря повышению удельной поверхности гранулированного шлака, вероятно, повышается реакционная способность в сырьевой смеси за счёт увеличения числа контактов между частицами, способствующая улучшению физико-механических свойств образцов не только на стадии обжига, но и на стадиях формования и сушки. Факты улучшения формовочных и конечных свойств образцов гранул подтверждается и изменениями показателей водопоглощения. Установление основной закономерности изменения физико-механических свойств образцов гранул в зависимости от дисперсности гранулированного шлака позволили оценить эффективность применения тонкодисперсных порошков в составе сырьевой смеси на основе суглинка Атырауского месторождения для получения керамического дорожного материала.

Выводы.

1. По результатам аналитического обзора трудов отечественных и зарубежных ученых установлена особая актуальность использования крупнотоннажных отходов промышленности и легкодоступных природных местных ресурсов, обеспечивающих ресурсосбережение и экологическую эффективность дорожного и промышленно-гражданского строительства.

3. Установлены основные закономерности изменения физико-механических свойств гранулированных образцов керамического дорожного материала в зависимости от дисперсности шлака при температуре 1000°C .

4. Анализ изменения физико-механических свойств керамической массы позволили установить, что тонкодисперсные порошки гранулированного шлака интенсифицирует процесс спекания в композиции с глинистыми минералами под воздействием высокой темпе-

ратуры. Благодаря повышению удельной поверхности гранулированного шлака, повышается реакционная способность в сырьевой смеси за счёт увеличения число контактов между частицами, способствующая улучшению физико-механических свойств образцов не только на стадии обжига, но и на стадиях формования и сушки.

Список литературы

1. Руденский А.В. Анализ энергозатрат – объективный критерий технической эффективности решений по строительству и ремонту дорожных асфальтобетонных покрытий // Дороги России XXI века. 2005. № 4. – С. 52-61.

2. Якунина Л.В., Кожухова Е.С. Проблемы дорожного строительства и пути их решения // Молодой ученый. – 2016. – №6.3. – С. 48-51.

3. Подгородецкий Г.С., Горбунов В.Б., Агапов Е.А., Ерохов Т.В., Козлова О.Н. Проблемы и перспективы утилизации золошлаковых отходов ТЭЦ. Ч. 1 // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2018. Т. 61. № 6. – С. 439-446.

4. Слободчикова Н.А., Плюта К.В., Дзогий А.А. Перспективы использования отходов производства и потребления при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог // Вестник ИрГТУ. – 2015. №8 (103). – С. 126-131.

5. Горин В.М. Высокопрочный керамзит и керамдор для несущих конструкций и дорожного строительства / В.М. Горин, С.А. Токарева, М.К. Кабанова // Строительные материалы. – 2010. –№1. – С.9-11.

6. Junjie Zhang, Hongbo Tan, Xingyang He, Wei Yang, Xiufeng Deng, Ying Su, Jin Yang. Compressive strength and hydration process of ground granulated blast furnace slag-waste gypsum system managed by wet grinding// Construction and Building Materials. Volume 228, 20 December. 2019, 116777.

7. Anuradha Purohit, S.Chander, A.Hameed, P.Singh, M.S.Dhaka. Structural, dielectric and surface morphological properties of ball clay with wet grinding for ceramic electrical insulators //Materials Chemistry and Physics. Volume 181, 15 September 2016, P. 359-366.

8. Цыплаков Д.С., Корнилов А.В., Лыгина Т.З., Пермяков Е.Н. Механоактивация глинистого сырья – эффективный способ улучшения эксплуатационных характеристик керамических материалов // Вестник Казанского технологического университета №16, 2011. – С. 85-91.

9. Корнилов А.В., Лыгина Т.З., Хайдаров Ш.Х., и др., Перспективные технологии переработки керамического сырья //Стекло и керамика №1, 2009. – С. 23-25.

Монтаев С.А. - доктор технических наук, профессор,
e-mail: montaevs@mail.ru

Досов К. Ж. - докторант. e-mail: cargau_68@mail.ru

Шингужиева А.Б. - доктор, e-mail: shing.a@mail.ru

Монтаева Н.С. - доктор PhD, e-mail: montayeva-n@mail.ru