

өндірудің жаңа технологиялық параметрлері жасалды. Бұл жұмыстың нәтижесінде энергия шығының 25-30%-ға төмендету және өндірістік және азаматтық құрылысты сапалы қабырға керамикасымен қамтамасыз ету көзделіп отыр.

Жоғарғы энергия тиімділігімен ерекшеленетін қабырға керамикасының жаңа технологиясы жасалынады. Дәстүрлі технологиямен салыстырғанда күйдіру температурасын 100-150⁰С-қа, кептіру ұзақтығын 10-12 сағатқа қысқартуға мүмкіндік беретін, шыны қалдықтарын қолдану арқылы қабырға керамикасы өндірісінің жаңа технологиялық параметрлері жасалынды.

Ғылыми зерттеу нәтижелері негізінде құрамында шыны қалдығы бар әйнек ұнтақтары негізіндегі қабырға керамикасының физика-механикалық қасиеттерінің негізгі заңдылықтарының өзгерісі анықталды.

Зерттеу нәтижелері құрамында шыны қалдығы бар әйнек ұнтақтарын пайдалана отырып, керамикалық кірпіш өндірісінің энергия және ресурс үнемдейтін технологияларын дамытудың негізі болып табылады.

Бұл мақаланың өзектілігі шыны қалдығын қолдану арқылы қабырға керамикасы өндірісінің жаңа технологиялық параметрлерін өңдеу болып табылады.

RESUME

The results of experimental studies on the development of a composite additive for the production of effective wall ceramics are presented. New compositional compositions of ceramic masses in the system of clay rock - broken glass and new technologies, the production parameters of wall ceramics, characterized by a low firing temperature and increased strength properties, have been developed. As a result of this work, it is proposed to reduce energy costs by 25-30% and to provide high-quality wall ceramics for industrial and civil construction.

Created a new technology of wall ceramics, characterized by high energy efficiency. New technological parameters have been developed for the production of wall ceramics using cullet, which makes it possible to reduce the firing temperature by 100-150 °C, reduce the duration of drying and firing by 10-12 hours compared to traditional technology.

As a result of scientific research, the main regularities of changes in the physico-mechanical properties of wall ceramics based on loess-like loams in the composition of finely dispersed powder based on cullet have been established.

The research results serve as the basis for the development of energy- and resource-saving technologies for ceramic bricks using cullet in a composition with glass-containing wastes. The relevance of this article is the development of new technological parameters for the production of wall ceramics using cullet.

The relevance of this article is the development of new technological parameters for the production of wall ceramics using cullet.

УДК 666. 16:66.046

Монтаев С.А., доктор технических наук, профессор

Шингужиева А.Б., доктор Ph.D

Мухамбеткалиева Ж.Н., магистрант

Жаймухамбетова Ш.Т., магистрант

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,

г. Уральск, Республика Казахстан

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНОСТЕКЛА НА ОСНОВЕ СТЕКЛОБОЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ

Аннотация

Работа направлена на разработку технологии производства пеностекла с использованием стеклобоя в композиции с волластонитосодержащими шлаками. В качестве газообразователя использовали карбонатное сырье – мел. Полученный материал способствует повышению энергоэффективности зданий и сооружений. Пеностекло – это универсальный

теплоизоляционный материал, сочетающий эффективную теплопроводность, высокую прочность, абсолютную негорючесть и высокую огнестойкость, экологичность и отсутствие водопоглощения. Это позволяет применять его во всех областях строительства и промышленности, где необходима качественная и долговечная теплоизоляция. Благодаря своим лучшим теплоизоляционным свойствам пеностекла в 2-2,5 раз снижается расход на отопление зданий и сооружений.

Хорошее самочувствие человека зависит от микроклимата помещения, который характеризуется температурой и влажностью. Эти показатели напрямую зависят от теплоизоляционных и гидроизоляционных характеристик ограждающих конструкций.

Исследовано влияние удельной поверхности молотых порошков композиций стеклобой – шлак и температуры размягчения стеклофазы, установлены основные закономерности и зависимости температур размягчения сырья от их удельной поверхности. Результаты экспериментов показали, что совместный помол компонентов позволяет упростить технологические процессы раздельной подготовки сырья. Предлагаемые технологические решения по подготовке сырья улучшают однородность на стадии перемешивания и снижают температуру размягчения стеклопорошка до области низких температур. Доказано, что с увеличением содержания волластонитосодержащего шлака повышается прочность. Средняя плотность образцов получена в пределах 400-650 кг/м³.

***Ключевые слова:** пеностекло, стеклобой, гранулированный доменный шлак, мел, прочность, технология, теплоизоляция.*

Введение. В настоящее время растет спрос на эффективные теплоизоляционные материалы, обладающие такими свойствами как пожаро- и экологическая безопасность, негорючесть и долговечность. Этим требованиям в значительной степени отвечает пеностекло, востребованное в промышленном, гражданском и дорожном строительстве [1]. Несмотря на то, что накоплен значительный научный и практический опыт [2,3], производство данного вида материалов в Казахстане развивается медленно. Это связано с высокими энергозатратами и проблемой исходного продукта - вторичного стеклобоя. В тоже время специальная варка стекла увеличивает стоимость материала. В связи с этим особую актуальность приобретает решение задачи синтеза стеклогранулята по энергосберегающей технологии, минуя процесс варки стекла, а также расширение сырьевой базы за счет использования распространенного природного и техногенного сырья.

Анализ рынка строительных материалов позволяет заключить, что наибольший спрос существует в настоящее время на теплоизоляционные материалы. Например, объем выпуска теплоизоляционных материалов на 1000 жителей составляет в Швеции 600 м³, США 500 м³, в Финляндии 420 м³, в России 90 м³, в то время как в Казахстане аналогичные материалы не производятся.

Одним из уникальных теплоизоляционных материалов является пеностекло. Материал применяется для тепло- и звукоизоляции, выпускается в виде жестких блоков, плит, гранул и крошки. Особые свойства пеностекла позволяют использовать его в тех случаях, когда никакой иной теплоизоляционный материал не может обеспечить соответствие техническим требованиям и мерам безопасности. Пеностекло единственный материал, разрешенный для использования на атомных электростанциях.

Заслуживает огромного внимания научные разработки ученых [1-7], посвященных усовершенствованию технологических процессов производства пеностекла и использования их в качестве эффективных теплоизоляционных и конструкционных материалов в строительстве.

В работе ученых А.А. Кетова и А.В. Толмачева [8] представлен глубокий анализ научных исследований ведущих ученых и современное состояние промышленного внедрения передовых технологий по производству пеностекла на территории Российской Федерации. Авторы полагают, что главными причинами, тормозящих развитие производства пеностекла на территории РФ являются: высокие энергетические затраты на технологические процессы, высокие цены на сырьевые материалы; отсутствие усовершенствованных и малозатратных технологий пеностекла, для получения конкурентоспособного пеностекла на рынке теплоизоляционных материалов.

Решением данной проблемы авторы считают разработку технологии ячеистого материала – аналога пеностекла, сущность которой заключается в совмещении теплоизоляционных свойств с другими – конструкционными или облицовочными.

Другими возможными практическими направлениями, которые расширили бы применение пеностекла в массовом строительстве, могли бы стать снижение цен на сырье и уменьшение кредитных ресурсов для любых промышленных проектов, в том числе и для проектов по производству пеностекла.

На сегодняшний день основным производителем пеностекла на мировом рынке является «Pittsburg Cong. Corp» - американская компания с широкой Европейской дилерской сетью [9].

На территории стран Содружества производством пеностекла занимается Украина (г. Шостка) и GOMEL GLASS ОАО «Гомельстекло» (Беларусь) [10].

Таким образом, в настоящее время активно ведутся исследовательские экспериментальные работы по расширению сырьевой базы, усовершенствованию технологических процессов и способов производства пеностекла, что свидетельствует о беспорной перспективности, востребованности и растущем спросе на этот материал.

В Республике Казахстан имеются огромные запасы кремнезема и стеклосодержащего силикатного сырья, в виде кварцевого песка, стеклобоя, а также металлургических, фосфорных гранулированных шлаков, состоящих на 90 – 95 % из стеклофазы [11]. Эти материалы являются готовыми силикатными сырьевыми ресурсами для производства пеностекла. Кроме того, Казахстан имеет богатый запас сравнительно недорогих энергоносителей (газ, мазут), что позволяет в перспективе наладить производство конкурентоспособного пеностекла.

Для этого требуются глубокие исследования по их переработке с целью создания отечественной энерго- и ресурсосберегающей технологии производства пеностекла.

В связи с этим, целью нашей работы является исследование возможности получения пеностекла на основе стеклобоя в композиции с гранулированным доменным шлаком, обладающие теплоизоляционными и конструкционными свойствами.

Материалы и методы исследования. В качестве объекта исследования выбран доменный гранулированный шлак Карагандинского завода АО «Алселор Миттал Темиртау» г. Темиртау (Казахстан).

Гранулированный доменный шлак представляет собой зернистый материал серого цвета, модуль крупности 3,8 - 4,1 (таблицы 1, 2).

Таблица 1 - Гранулометрический состав доменного шлака

Диаметр отверстий сита, мм	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	Менее 0,14
Остаток на сите, %	14-17	35-37	26-30	14-17	2-6	2-4

Резкое охлаждение шлакового расплава в процессе грануляции обуславливает в основном его стекловидное строение. Содержание стеклофазы в них составляет 65-97%. Закристаллизованная часть шлака в основном представлена псевдоволластонитом $\alpha\text{-CaO}\cdot\text{SiO}_2$ с показателями преломления $N_g=1,652\pm 0,0015$, $N_p=1,608\pm 0,0015$.

Таблица 2 - Химический состав доменного гранулированного шлака

Наименование сырья	Содержание оксидов, мас. %												
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	FeO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂	TiO ₂	S _H O	п.п.п.*
Доменный гранулированный шлак Карагандинского завода АО «Алселор Миттал Темиртау»	40,62	16,24	0,19-0,52	42,11	0,43	5,33-10,39	1,66	0,36-1,5	0,42-1,32	-	0,62-0,88	0,11-1,37	0,92

Примечание: * - потери при прокаливании

В качестве основного сырья использовалась бой оконного стекла, образующихся при производстве стеклопакетов на базе ТОО «Стеклосервис». Ежегодный выход стеклобоя составил более 1500 тонн в год [12].

В технологии пеностекла особое значение имеет удельная поверхность молотых порошков и температуры размягчения стеклофазы, поэтому нами проведены научно – исследовательские работы по установлению закономерности и зависимости температуры размягчения сырья от их удельной поверхности. В таблице 3 представлены результаты проведенных научно – экспериментальных исследований.

Таблица 3 - Зависимость температуры размягчения сырья от удельной поверхности

Компонентный состав смеси	Стадия подготовки	Удельная поверхность, см ² /г	Температура размягчения, °С
Стеклобой	Дробление и помол в шаровой мельнице	1000-1200	850
		1500-2000	860
		2500-3000	780
		3000-4000	740
Доменный гранулированный шлак	Помол в шаровой мельнице	1000-1200	900
		1500-2000	880
		2500-3000	850
		3000-4000	760

Для достижения поставленных целей были приготовлены несколько шихтовых составов композиционной системы: порошок стеклобоя – доменный гранулированный шлак (рисунок 1).

Научно-экспериментальные работы проводились в следующей последовательности: дробление стеклобоя в лабораторной щековой дробилке; дозирование полученного стеклобоя, шлака и мела с помощью электронных весов; загрузка дозированных сырьевых материалов в шаровую мельницу для совместного помола. Удельная поверхность контролировалась путем просеивания через сито № 0,063. Далее композиционный стеклопорошок засыпался в жаростойкие металлические формы в виде плиты размером 100x100x10мм и подвергался термообработке при определенных температурах в муфельной электрической печи.



Рисунок 1 - Опытно-лабораторные образцы пеностекла

Полученные лабораторные образцы пеностекла подвергались испытаниям для определения физико-механических свойств по казахстанскому стандарту ГОСТ 17177-2016.

Для разработки эффективных технологических режимов варки стекла, помола, обжига и вспенивания, проведена серия опытов, при которой образцы выдерживались при максимальной температуре определённое время. Опыты проводились как с добавлением доменного гранулированного шлака, так и без него. Добавка доменного гранулированного шлака составляет 1-5% масс.

Максимальная температура вспенивания и время выдержки материала при этой температуре будет напрямую влиять на затраты материала и на скорость производства. Для опытов изначально готовились образцы невспененного материала, затем несколько образцов помещались в печь, нагретую до определённой температуры. После, через определённые

промежутки времени образцы извлекали из печи и определяли основные физико-механические свойства.

Обсуждение результатов. Как показывают результаты научно - экспериментальных исследований (таблица 3), увеличение удельной поверхности снижают температуру размягчения сырьевых материалов. Так, температура размягчения стеклобоя при удельной поверхности 3000 - 4000 см²/г, составляет 740⁰С. Следует отметить, что температура размягчения доменного гранулированного шлака при такой удельной поверхности находятся в пределах 750 - 760⁰С.

Следовательно, температурная область размягчения стеклобоя и гранулированного шлака находится в пределах 740-760⁰С, что дает возможность совместного использования их в технологии производства пеностекла.

Термообработанные образцы подвергались испытаниям. Результаты исследования физико-механических свойств пеностекла с использованием гранулированного доменного шлака показаны в таблице 4.

Таблица 4 - Физико-механические свойства пеностекла

Составы сырьевой композиции для пеностекла	Вид добавки, масс. %	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность, МПА		Коэффициент теплопроводности, Вт/мхК
			при сжатии	при изгибе	
Стеклопорошок с удельной поверхностью 3500 см ² /г – 97%, мел - 3,0 %	-	400	6,3	0,7	0,069
Стеклопорошок с удельной поверхностью 3500 см ² /г - 96%, мел - 3,0 %	Доменный гранулированный шлак - 1%	400	10,2	1,6	0,071
Стеклопорошок с удельной поверхностью 3500 см ² /г - 95%, мел - 3,0 %	Доменный гранулированный шлак - 2%	450	11,3	1,8	0,073
Стеклопорошок с удельной поверхностью 3500 см ² /г - 94%, мел - 3,0 %	Доменный гранулированный шлак - 3%	620	12,4	2,1	0,074
Стеклопорошок с удельной поверхностью 3500 см ² /г - 92%, мел - 3,0 %	Доменный гранулированный шлак - 5%	650	15,2	2,3	0,075

По результатам научно - экспериментальных работ установлены основные закономерности изменения физико – механических свойств пеностекла при постоянном содержании пенообразователя.

Анализ полученных результатов научно – экспериментальных работ показывает, что с добавлением доменного и фосфорного гранулированного шлака наблюдается стабильный рост прочностных показателей образцов – пеностекла по сравнению с образцами пеностекла на основе чистого стеклобоя. Так при добавлении в состав стеклопорошка доменного и фосфорного гранулированного шлака в количестве от 1- 5 % повышается прочность при сжатии на 2,6 раз, а на изгиб в 3,8 раз. При этом наблюдается повышение средней плотности от 400 до 650 кг/м³. Эти данные свидетельствуют об эффективности этих добавок касательно улучшения физико – механических свойств пеностекла при сохранении требуемой средней плотности и теплоизоляционных свойств.

На основе исследуемых составов были разработаны наиболее эффективные режимы обжига и вспенивания пеностекла. Установлено, что наиболее равномерная микроструктура пеностекла достигается при следующих режимах обжига: нагрев осуществляют со скоростью подъема температур 10-15⁰С в минуту до 900-950⁰С, выдерживают в течение 30 – 35 мин и охлаждают в отключенной печи.

Таким образом, установлена возможность получения пеностекла с использованием доменного гранулированного шлака, отличающиеся высокими прочностными показателями и требуемыми теплоизоляционными свойствами.

Заключение. Разработан наиболее эффективный режим обжига и вспенивания пеностекла. Установлено, что наиболее равномерная микроструктура пеностекла достигается при следующих режимах обжига: нагрев осуществляют со скоростью подъема температур 7-12⁰С в минуту до 900-950⁰С, выдерживают в течение 1-1,5 ч и охлаждают в печи.

Полученные стандартные образцы пеностекла отличаются не только высокими эксплуатационными показателями, но и требуемыми теплоизоляционными свойствами. Такой теплоизоляционный материал можно использовать в качестве несущих и ограждающих конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулаева Н.С., Гаркави М.С. Пеностекло из стеклобоя // Строительные материалы. - 2007. - № 3. - С. 74.
2. Пузанов С.И., Кетов А.А. Комплексная переработка стеклобоя в производстве строительных материалов // Экология и промышленность России. - 2009. - № 12. - С. 1.
3. Мелконян Р. Г., Казьмина О. В. Использование отходов горной промышленности для изготовления пеностекла и пеноматериалов // Горн. информ.-аналит. бюллетень. - 2014. - № 51. - С. 547-571.
4. Давидюк, А.Н. Легкие конструкционно-теплоизоляционные бетоны на стекловидных пористых заполнителях. – М.: Красная звезда, 2008. – 208 с.
5. Орлов Д.Л. Эксплуатационные свойства пеностекла и направления развития его производства // Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ: матер. междунар. науч.-практ. конф. –Москва, 2006. – С. 210-216.
6. Smolii V.A., Yatsenko E.A., Kosarev A.S., Gol'tsman B.M. Development of compositions and technological parameters for the synthesis of cellular glass heat-insulation construction materials with prescribed density // Glass and Ceramics. – 2016. - Vol. 73. – P. 5 – 6.
7. Пат. 2513807 Российская Федерация, МПК С03В19/08. Способ получения теплоизоляционных блоков / Васкалов В.Ф., Орлов А.Д., Ведяков И.И.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский центр «Строительство»» ОАО «НИЦ «Строительство» (RU). –Бюл. № 11. – <http://www.findpatent.ru/patent/251/2513807.html>.
8. Кетов А.А., Толмачев А.В. Пеностекло – технологические реалии и рынок // Строительные материалы. - 2015. - №1. - С. 17-23.
9. Popov M., Zakrevskaya L., Vaganov V., Hempel S., Mechtcherine V. Performance of Lightweight Concrete based on Granulated Foamglass // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2015. - doi:10.1088/1757-899X/96/1/012017.
10. Петухова Р.В., Садченко Н.П. Пеностекло - универсальный теплоизоляционный материал // Стекло мира. - 2002. - № 3. - С. 69-71.
11. Монтаев С.А., Таскалиев А.Т., Монтаева А.С. Технология пеностекла, модифицированного волластонитосодержащими сырьевыми материалами // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: матер. VI междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пенза, 2011. - С.143-146.
12. Лотов, В.А. Контроль процесса формирования структуры пористых материалов // Строительные материалы. - 2000. - № 9. - С. 26-28.

ТҮЙІН

Жұмыс волластониты бар шлактар композицияда сыңған шыны қолдануымен көбік шыны өндіру технологиясын жасауына бағытталған. Газ құрайтын карбонатты шикізат ретінде борды қолданды. Алынған материал ғимараттар мен имараттар энерготіімлігін арттыруға болысады. Көбік шыны – бұл тиімді жылу өткізбеулік, жоғары беріктік, абсолютты жанбаушылық, жоғары өрте төзімділік, экология жағынан тиімділік пен су сіңіргіштігі жоқ ерекше жылуқшаулағыш материал. Сапалы мен ұзақ мерзімге шыдайтын жылуқшаулау

қажет жағдайда бұндай материалды барлық құрылыс пен өнеркәсіптік саласында қолдануға болады. Көбік шынының жақсы жылу оқшаулағыш қасиеттеріне байланысты ғимараттар мен имараттардың жылуына 2-2,5 есе шығындар азаяды. Адамның жақсы денсаулық жағдайы температура мен ылғалдылықпен сипатталатын бөлменің микроклиматқа тәуелді. Бұл көрсеткіштер қоршау конструкциялардың гидрооқшаулағыш пен жылу оқшаулағыш қасиеттеріне тікелей тәуелді.

Шыны-шлак композициядағы ұсақталған ұнтақтың меншікті беті және шыны фазаның жұмсару температурасының ықпалы зерттелген, меншікті салмаққа байланысты негізгі заңдылықтары мен шикізаттың жұмсарту температураларына тәуелділік анықтаған. Компоненттердің бірлескен ұсақтау шикізаттарды бөлек дайындау технологиялық процесстерін жеңілдететіні эксперимент нәтижелері көрсетіген. Ұсынып тұрған технологиялық шешімдер шикізаттарды дайындау кезінде біртектілігін жақсартады және төмен температураға дейін шыны ұнтағын жұмсарту температураны төмендетеді. Волластонит құрайтын шлақтың көлемі арттырған сайын беріктігі өсуі дәлелденді. Үлгілердің орташа тығыздығы 400-650 кг/м³ алынған.

RESUME

The work is aimed at developing a technology for the production of foam glass using cullet in a composition with wollastonite-containing slags. Carbonate raw materials, chalk, were used as a gasifier. Foam glass is universal heat insulation material combining effective thermal conductivity, high strength, absolute incombustibility and high fire resistance, ecological compatibility and lack of water absorption. This allows it to be used in all areas of construction and industry, where high-quality and durable thermal insulation is required. Due to its best heat-insulating properties of foam glass, the consumption for heating buildings and structures is reduced by 2-2,5 times.

The well-being of a person depends on the microclimate of the room, which is characterized by temperature and humidity. These indicators directly depend on the thermal insulation and waterproofing characteristics of the enclosing structures.

The resulting material contributes to improving the energy efficiency of buildings and structures. The influence of the specific surface area of the ground powders of the cullet composition - slag and the softening temperature of the glass phase was investigated, the main regularities and dependences of the softening temperatures of the raw materials on their specific surface were established. The results of the experiments showed that the joint grinding of the components makes it possible to simplify the technological processes of separate preparation of raw materials. The proposed technological solutions for the preparation of raw materials improve the homogeneity at the stage of mixing and reduce the softening temperature of the glass powder to the low temperature region. It has been proved that strength increases with increasing content of wollastonite-containing slag. The average density of the samples was obtained in the range of 400-650 kg / m³.

ӘОЖ 666.973.6

Рыскалиев М.Ж., Ph.D докторы

Аманжолов А.С., магистрант

Жулиев Т.Е., магистрант

Абибеков Е.Е., магистрант

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Қазақстан Республикасы

КӨБІКБЕТОН ӨНДІРУ ҮШІН КӨБІКТЕНДІРГІШ АЛУ МАҚСАТЫНДА ҚҰРАМЫНДА КОЛЛАГЕНІ БАР ШИКІЗАТ ГИДРОЛИЗИ

Аннотация

Көбікбетондар үшін коллаген көбіктендіргішін алу технологиясы туралы мәліметтер келтіріледі. Коллаген көбіктендіргішінің физика-химиялық сипаттамалары зерттелді. Ол өзінің сипаттамалары бойынша кератинді көбіктендіргіштен кем емес. Коллагенді көбіктендіргіш