

Техническое направление

УДК 691.33

DOI 10.24411/2409-3203-2019-12019

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ ВЯЖУЩЕГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Ахметжанов Талгат Бураевич

к.т.н., доцент кафедры Строительные материалы и технологии
Карагандинского государственного технического университета
Казахстан, г. Караганда

Ашимова Балжан Сапаргалиевна

магистрант кафедры Строительные материалы и технологии
Карагандинского государственного технического университета
Казахстан, г. Караганда

Ашимов Ернат Тлеугазиевич

магистрант кафедры Строительные материалы и технологии
Карагандинского государственного технического университета
Казахстан, г. Караганда

Аннотация: Целью данной статьи является раскрытие способов производства безцементного вяжущего на основе технологических отходов. Основное внимание уделяется области применения и полезным свойствам связующих компонентов, их влиянию на прочность и долговечность бетона. Промышленные побочные продукты широко используются в качестве вторичного сырья. Поскольку свойства промышленных отходов очень похожи на свойства натурального сырья, промышленные отходы считаются ценным ресурсом строительных материалов. Описана технология производства безлиinkerного вяжущего с использованием промышленных отходов. В статье также представлен процесс разработки безлиinkerного вяжущего на основе техногенных отходов промышленности.

Ключевые слова: бетоны, водоцементное отношение, цементный камень, гидротация вяжущего, шлаки.

INVESTIGATION OF BINDER COMPOSITIONS USING WASTE FROM THE PRODUCTION OF FERROUS METALLURGY

Akhmetzhanov Talgat Buraevich

PhD., Associate Professor of department Building materials and technology
Karaganda State Technical University
Kazakhstan, Karaganda

Ashimova Balzhan Saparqalievna

master student of the department of Building materials and technology
Karaganda State Technical University
Kazakhstan, Karaganda

Ashimov Ernat Tleygazievich

master student of the department of Building materials and technology
Karaganda State Technical University
Kazakhstan, Karaganda

Abstract: The purpose of this article is to disclose methods for the production of cementless binder based on technological waste. The main attention is paid to the scope and useful properties of the binder components, their effect on the strength and durability of concrete. Industrial by-products are widely used as secondary raw materials. Since the properties of industrial waste are very similar to those of natural raw materials, industrial waste is considered a valuable resource of building materials. The technology of production of cementless binder using industrial waste is described. The article also presents the process of developing a cementless binder based on industrial waste.

Key words: concrete, cementless binder, water-cement ratio, cement stone, binder hydration, waste.

В послании президента РК «Стратегия «Казахстан-2050» указываются «Десять глобальных вызовов XXI века». (шестой вызов - исчерпаемость природных ресурсов, седьмой вызов - третья индустриальная революция). В своем послании Н.А. Назарбаев призывает переосмыслить наше отношение к своим природным богатствам. Он говорит, что мы должны научиться правильно ими управлять, накапливая доходы от их продажи, и самое главное – максимально эффективно трансформировать природные богатства нашей страны в устойчивый экономический рост.

Авторами были проанализированы работы Волженского А.В., Попова Н.А., Горшкова В.С., Бутта Ю.М., Байджанова Д.О., Самченко С.В., Бобович Б.Б., которые занимались вопросом получения вяжущих веществ из отходов промышленности. В своих работах авторы отмечали что замена глины в составе сырьевой смеси техногенными продуктами и промышленными отходами является весьма эффективным с точки зрения энергосбережения [1-3].

Использование вяжущего, состоящего из 20% клинкера и 80% летучей золы (либо гранулированного доменного шлака), позволяет получить бетоны с прочностью выше, чем у портландцемента той же марки [4]

Разработаны и апробированы технологические способы получения из отходов металлургических и энергетических предприятий вяжущих веществ, цементов со специальными свойствами.

При этом следует учитывать, что рациональный способ вторичного использования отходов зависит от: вещественного состава, агрегатного состояния, количества компонентов, технологических особенностей и т.п.

Актуальность исследований, связанных с получением вяжущего из техногенных отходов производства черной металлургии, заключается в производстве совершенно нового вяжущего вещества, не уступающего по своим свойствам клинкерному цементу. Использование такого вяжущего позволит снизить себестоимость бетона, улучшить его эксплуатационные свойства, а также улучшить экологическую обстановку в регионе [5, 6].

Из всех отраслей промышленности производство строительных материалов потребляет наибольшую часть промышленных отходов, доля сырья которой в себестоимости продукции достигает более 50 %.

Промышленные отходы широко применяются в создании новых строительных материалов с высокими технико-экономическими показателями. Это связано с тем, что большинство отходов по своему составу и свойствам достаточно близки к природному сырьевому материалу. Разработаны технологии переработки данных отходов промышленности, а также намечены основные пути его использования в промышленности строительных материалов.

Выявлено, что наиболее широко в качестве основного компонента вяжущего вещества применяют доменные шлаки, которые представляют собой силикатные и алюмосиликатные расплавы, получающиеся при выплавке чугуна [2].

Основным отходом черной металлургии в нашем регионе является гранулированный доменный шлак. Он образуется путем быстрого охлаждения и грануляция, суть процесса грануляции состоит в том, что шлаковый расплав при резком охлаждении разбивается на мелкие капли, которые застывают в виде гранул различного размера. По фазовому составу гранулированный шлак в основном представлен стеклом – его содержание составляет 85-90%. Гранулированный шлак обладает скрытыми вяжущими свойствами, т.е. он способен взаимодействовать с водой или щелочными растворами.

Также при использовании гранулированного доменного шлака происходит частичное замещение природного гипса. В бесклинкерном вяжущем он используется как регулятора сроков схватывания

Был разработан состав бесцементного вяжущего из отходов черной металлургии. Данное вяжущее является гидравлическим, которое получают путем помола извести, гранулированного доменного шлака, гипса и комплексной добавки полифункционального действия.

Было установлено что бесклинкерное вяжущие с использованием извести и гипса твердеет под влиянием щелочного возбуждения шлака оксидом кальция, содержащимся в извести. Данный процесс напоминает процессы, возникающие при взаимодействии портландцемента с водой [3].

Был произведен подбор оптимального состава бесклинкерного вяжущего путем экспериментальных исследований.

Содержание извести, гипса и добавок в вяжущем устанавливалась в зависимости от количества гранулированного доменного шлака. В ряде случаев при введении в состав вяжущих большого количества негашеной извести наблюдается чрезмерно быстрое схватывание. Для устранения таких явлений можно применить замедлители схватывания извести и иногда целесообразно уменьшить содержание извести в вяжущем.

Применение гипса в качестве составляющей в бесклинкерном вяжущем из отходов промышленности объясняется наличием в них минерала трехкальциевого алюмината (C_3A). Использование гипса в вяжущем позволяет увеличить сроки схватывания цементного теста (растворных и бетонных смесей) без увеличения количества воды затворения. Гипс вводят в растворы не только для регулирования сроков загустевания, но и для регулирования их технических свойств, вследствие чего заметно повышается качество бетона. Поэтому следует рассмотреть причины, повышающие прочность, морозостойкость, сульфатостойкость и другие свойства бетона.

Высокое водоудержание в коагуляционных структурах гидратированного трехкальциевого алюмината объясняется особенностями кристаллических новообразований.

Суперпластификатор С-3 представляет собой смесь нейтрализованных едким натром полимерных соединений, получаемых при конденсации сульфокислот нафталина с формальдегидом. В бесклинкерном вяжущем применялся в качестве порошка.

Применение в С-3 в технологии изготовления бесклинкерного вяжущего из техногенных отходов промышленности позволило улучшить удобоукладываемость, связность и однородность получаемого бетона; уменьшить расход воды и увеличить прочность бетона. Использование суперпластификатора увеличивает морозостойкость и коррозионную стойкость бетона.

По технико-экономическим показателям применение суперпластификатора С-3 обеспечивает экономию вяжущего в бетонных смесях на 15...20 % без снижения прочности бетона, сокращает энергетические затраты при тепло-влажностной обработке бетона, снижает температуры изотермического прогрева на 10 - 15°C (при $V/C = \text{const}$) [5].

Выбор бесклинкерного вяжущего был произведен по причине упрощенной технологии получения вяжущего, улучшенных свойств бетонной смеси (по сравнению с портландцементом). Сама технология получения бесклинкерного вяжущего включает следующие операции: складирование сырьевых материалов, дробление и сушку шлака,

известии, гипса, затем дозирование сырьевых материалов перед помолом на весовых дозаторах с последующим смешиванием и совместным помолом в барабанной мельнице. Все материалы необходимо хранить в закрытых силосах, т.к. при помоле на барабанной мельнице материал становится тонкодисперсным и гигроскопичным.

При выборе известии руководствовались ГОСТ 9179-77 «Известь строительная. Технические условия». Требования предъявляемые к порошкообразной гидравлической известии представлены в таблице 1. При просеивании сквозь сито №008 известь показала степень дисперсности равную 84,8%.

Таблица 1 Химический состав гидравлической известии

Химический состав	Норма для известии, %, по массе	
	слабогидравлической	сильногидравлической
Активные CaO + MgO; не более	65	40
не менее	40	5
Активный MgO, не более	6	6
CO ₂ , не более	6	5

Гипс, использованный при приготовлении сырьевой смеси соответствовал требованиям ГОСТ 125-79 «Вяжущие гипсовые. Технические условия».

Для помола была использована шаровая мельница барабанного типа. Измельчают его до остатка 5-15% на сите №008, что способствует повышению его активности (тонкость помола составляет 85-98%).

Желательно удельную поверхность известкового вяжущего доводить до 3500-5000 см²/г.

Большое значение для качества, вяжущего имеют свойства гранулированного шлака. В исследованиях использовался шлак одинакового химического состава и цвета, той же средней плотности и без включения крупных кусков (Ø>10 мм). По результатам проведенных исследований химического состава доменного гранулированного шлака с завода «АрселорМиттал» (г. Темиртау) определены следующие показатели (таблица 2).

Таблица 2 Химический состав гранулированного шлака

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	K ₂ O	CaO	SO ₃	Na ₂ O	P ₂ O ₅	П.П.П.
33,86	15,90	1,97	0,67	0,02	7,16	0,93	29,94	0,25	0,95	0,06	7,56

Модуль основности исследуемого гранулированного шлака равен 0,75 поэтому данный шлак является кислым. Коэффициент качества доменного гранулированного шлака *K* равен 1,56. В соответствии с классификацией по сортам, такой шлак относится ко второму сорту.

По данным Б.Н. Виноградова, явная или потенциальная (проявляющаяся при водотепловой обработке в присутствии активаторов) гидравлическая активность шлаковых фаз убывает следующим образом: трехкальциевый силикат - алюмоферриты кальция - β-2CaO·SiO₂ - основное шлаковое стекло - кислое шлаковое стекло - мелилит - γ-2CaO·SiO₂ - мервинит - монтичеллит - низкоосновные алюмосиликаты и силикаты кальция (анортит - ранкинит - псевдоволластонит) - фаялит – пироксены.

Было отмечено, что гидравлическая активность как кристаллической, так и стекловидной фазы увеличивается добавлением химических активаторов гидратации в виде щелочных и сульфатных компонентов. Известную роль в этом процессе играет структура шлакового стекла, поверхность которого покрыта пленкой новообразований, появляющихся под действием влаги и углекислоты воздуха.

Тонкость помола через сито №008, исследуемого вяжущего вещества, проходила в пределах от 80 до 92%. При определении равномерности изменения объема разрушения, радиальные трещины и искривления в образцах не были обнаружены. Нормальная густота вяжущего вещества с гипсом соответствовала в/ц отношению равному 0,22...0,24. Начало

и конец схватывания соответствовало быстротвердеющему цементу, поэтому данное вяжущее желательнее использовать непосредственно на производстве.

Должно быть отмечено, что полученные результаты лабораторных исследований свойств разработанного вяжущего вещества показывает, что более высокой прочностью на сжатие и изгиб обладает вяжущее вещество, изготовленное при совместном перемешивании всех компонентов (известки, гипса, гранулированного доменного шлака и суперпластификатора С-3). Также прочность на изгиб и сжатие данного вяжущего вещества значительно увеличивается после обработки в пропарочной камере рисунок 1.

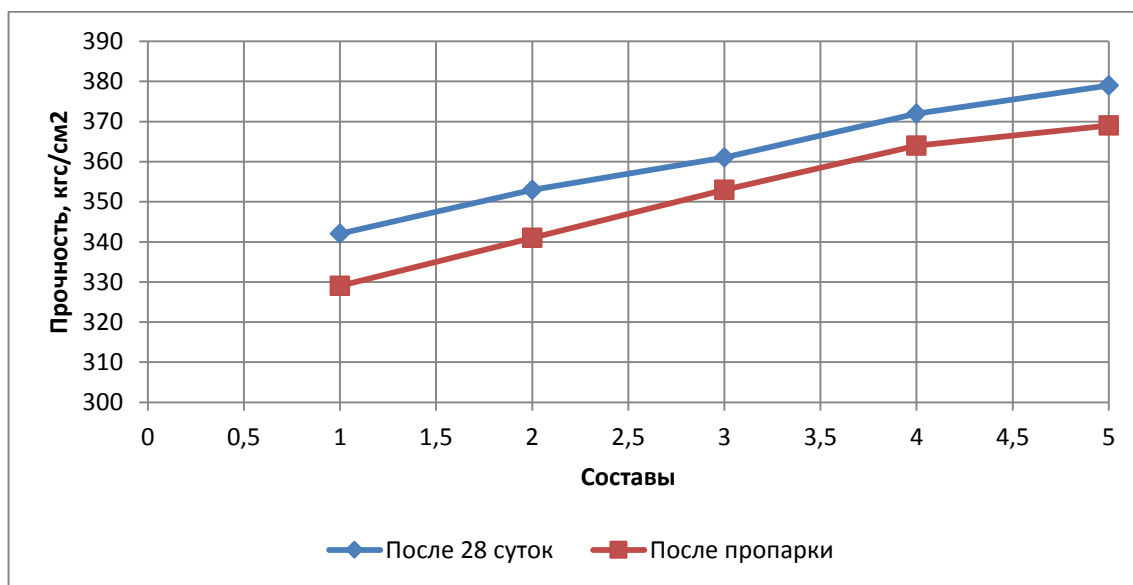


Рисунок 1 - График зависимости прочности на сжатие безцементного вяжущего

Для определения активности исследуемых вяжущих веществ были приготовлены образцы балочек размером 40*40*160 мм. Образцы изготавливались с использованием вольского песка состава 1/3. После изготовления образцы в формах хранили (24±1) ч в ванне с гидравлическим затвором, затем образцы осторожно расформовали и положили в ванну с питьевой водой в горизонтальном положении. Образцы для определения прочности цемента при пропаривании положили в пропарочную камеру. Пропаривание проходило по режиму: 2 часа выдержки образцов в камере при температуре 20 °С, 3 часа для равномерного подъема температуры до 85 °С, изотермический прогрев при температуре проходил в течение 12 часов, процесс остывания образцов 2 часа. Далее в соответствии с ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии» были проведены испытания прочностных характеристик рассматриваемых вяжущих веществ в условиях пропаривания и через 28.

Испытание образцов кубиков на бесклинкерном вяжущем показали, что все образцы продемонстрировали марочную прочность М300. Во всех испытаниях фактический расход воды составил $v/c=0,3$ (980 мл воды), а осадка конуса равнялась 4,5см.

Литература:

1. Энтин З.Б., Хомич В.Л., Рыжов Л.К. и др. Экономия цемента в строительстве. – М.: Стройиздат, 2013. -222 с.
2. Таймасов Б.Т., Есимов Б.О., Терехович С.В., Куралова Р.К. Цементы на основе техногенных отходов и магматических пород. – Шымкент, изд-во NORIS, 2012. - 163 с.
3. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2017. – 368 с.
4. I García-Lodeiro, A Fernández-Jiménez and A Palomo/ Cements with low Clinker Content/ IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 96 (2015) 012006. doi:10.1088/1757-899X/96/1/012006

5. Никифоров Ю.В., Коугия М.В. Использование нетрадиционных сырьевых материалов при производстве цемента// Цемент, 2010. №5, - С. 44-63.

6. Алексеев Б.В. Технология производства цемента. – М.: Высш. школа, 2010.– 266 с.



УДК 691.33

DOI 10.24411/2409-3203-2019-12020

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Ахметжанов Талгат Бураевич

к.т.н., доцент кафедры Строительные материалы и технологии
Карагандинского государственного технического университета
Казахстан, г. Караганда

Ашимова Балжан Сапаргалиевна

магистрант кафедры Строительные материалы и технологии
Карагандинского государственного технического университета
Казахстан, г. Караганда

Ашимов Ернат Тлеугазиевич

магистрант кафедры Строительные материалы и технологии
Карагандинского государственного технического университета
Казахстан, г. Караганда

Аннотация: Авторами проведен анализ работ по вопросам получения вяжущего из отходов промышленности. В статье рассматриваются свойства бетона с использованием отходов металлургических цехов АО “АрселорМиттал Темиртау”. Данные отходы являются хорошим сырьем и должны использоваться для изготовления бетонных и железобетонных конструкций. Авторами приводятся данные по физико-механическим исследованиям безцементного вяжущего из отходов черной металлургии. Описывается химический состав сырьевых компонентов. Приводятся данные по исследованию прочностных свойств бетона. По результатам проведенных исследований установлена возможность получения бетона путем использования в качестве вяжущего помол гранулированного шлака, извести, гипса и суперпластификатор С-3.

Ключевые слова: бетоны, водоцементное отношение, цементный камень, гидротация вяжущего, шлаки.

STUDY OF THE CONCRETE PROPERTIES USING WASTE FROM THE PRODUCTION OF FERROUS METALLURGY

Akhmetzhanov Talgat Buraevich

PhD., Associate Professor of department Building materials and technology
Karaganda State Technical University
Kazakhstan, Karaganda

Ashimova Balzhan Sapargaliyeva

master student of the department of Building materials and technology
Karaganda State Technical University