ЦЕМЕНТНЫЕ КОМПОЗИТЫ С ТЕХНОГЕННЫМ МОДИФИКАТОРОМ

CEMENT COMPOSITES WITH A TECHNOGENIC MODIFIER

УДК 691.54

Пономарев Иван Викторович, студент, Ижевский государственный технический университет, г. Ижевск. E-mail: vano.kap@gmail.com

Сапаров Сергей Валерьевич, студент, Ижевский государственный технический университет, г. Ижевск. E-mail:saparov.serezha@gmail.com

Пантюхин Алексей Анатольевич, студент, Ижевский государственный технический университет, г. Ижевск. E-mail: lapshan99@gmail.com

Ponomarev Ivan Victorovich, student, Izhevsk state technical University, Izhevsk. E-mail: vano.kap@gmail.com

Saparov Sergey Valerievich, student, Izhevsk state technical University, Izhevsk. E-mail:saparov.serezha@gmail.com

Pantiukhin Aleksei Anatolevich, student, Izhevsk state technical University, Izhevsk. E-mail: lapshan99@gmail.com

Аннотация

В данной статье рассматривается проблема цементной промышленности, а именно повышение качества цемента с одновременным снижением энергетических затрат на его производство. В исследовании представлены результаты по получению составов вяжущих на основе портландцемента с добавлением металлургического гранулированного доменного шлака.

Определен оптимальный состав, с улучшенными характеристиками на прочность.

Annotation

This article discusses the problem of the cement industry, namely, improving the quality of cement with a simultaneous reduction in energy costs for its production. The study presents the results of obtaining binder compositions based on Portland cement with the addition of metallurgical granulated blast furnace slag. The optimal composition with improved strength characteristics has been determined.

Ключевые слова: портландцемент, металлургический гранулированный доменный шлак, прочностные свойства, модификатор, композиционный материал, физико-механические параметры.

Key words: portland cement, metallurgical granular blast furnace slag, strength properties, modifier, composite material, physical and mechanical parameters.

Цементные композиты с техногенным модификатором

В современном мире в строительной отрасли используется широкий спектр материалов, область применения которых зависит не только от их физико-технологических и эксплуатационных параметров, но и учитывается фактор экономической целесообразности их применения.

Наиболее распространенным материалом являются цементные растворы. Раствор состоит из вяжущего (цемент), мелкого заполнителя (природный песок) и воды. Вместе они образуют композиционный материал, который характеризуется высокими физико-механическими параметрами [1].

В силу высокой стоимости цемента, высокой ресурсо- и энергоемкостью материала, а так же отрицательным влиянием на экологию, одним из направлений развития материаловедения является применение техногенных продуктов при производстве вяжущего для улучшения комплекса физико-технологических свойств цементного раствора [2].

В настоящее время наиболее широко применяются минеральные добавки, обладающие пуццоланическими и гидравлическими свойствами.

Пуццоланическая активность в первую очередь обуславливает коррозионную стойкость, а гидравлическая повышает прочностные характеристики. Для повышения параметров используют различные минеральные добавки.

Минеральные добавки [3] отличаются от заполнителя мелким размером зерен, менее 0.16 мм, а от химических добавок тем, что не растворяются в воде. Минеральные добавки делятся на активные и инертные: Активные, в присутствии воды способны взаимодействовать с диоксидами кальция при обычной температуре, образуя соединения, обладающие вяжущими свойствами; инертные, при обычной температуре не вступают в реакцию с компонентами цемента, однако при определенных условиях, они могут проявлять реакционную способность [3]. Минеральные добавки на основе техногенного сырья имеют различный состав и дисперсность, в связи с чем, обладают различным влиянием на бетонную смесь, что и определяет область их применения. Сравнительный анализ наиболее распространенных модификаторов приведен в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение характеристик минеральных добавок

	Фактор прочности	***Размер частиц, мкм***	***Удельная поверхность г/см^2***	***Пуццолановая активность, %***
Портландцемент	1,0	1-100	2800-3300	
Микрокремнезем	1,8-2,0	≤ 1,0	≥15000	85-98%
Доменный шлак	0,9	≤ 50	4900-5200	≥ 55
Кремнистая зола-унос	0,8-1,0	1-100	1500-3000	≥ 70
Основная зола-унос	0,5-0,7	1-100	1500-3000	≥ 50

На основе приведенных данных можно сделать вывод, что микрокремнезем – это добавка с высокой дисперсностью частиц, что обеспечивает улучшение механических характеристик цементного камня при меньшей концентрации.

Анализа исследований в области модификации свойств портландцемента минеральными добавками [3], позволил установить, что при введении рассматриваемых компонентов в состав вяжущего свойства изменяются следующим образом:

- при добавлении микрокремнезема концентрацией в 10% от массы портландцемента уменьшаются сроки схватывания вяжущего, снижается водоотделения и удобоукладываемость, коррозионная устойчивость [4];

- при введении доменного шлака концентрацией в 10% от массы портландцемента улучшается удобоукладываемость, увеличивается долговременная прочности и химическая устойчивость, растет коррозионная стойкость, уменьшаются тепловыделения [5];

- добавление золы-уноса концентрацией в 10% от массы портландцемента приводит к увеличению подвижности и долговременной прочности, росту химической устойчивости и коррозионной стойкости, снижению водоотделения и тепловыделения при твердении [6].

Таким образом, комплексный анализ показателей, учитывая стоимость материала, позволяет сделать вывод, что молотый доменный шлак является наиболее эффективным модификатором. Для исследований был предложен состав, включающий портландцемент, металлургический гранулированный доменный шлак и мелкий заполнитель - природный карьерный песок II класса.

Материалы исследований:

– вяжущее: в качестве вяжущего использовался портландцемент марки М 400 Д0. Изделия из данного цемента характеризуются устойчивостью к агрессивным средам, повышенной морозо- и влагоустойчивостью. Произведен согласно государственному стандарту ГОСТ 31108-2003 [7].

– мелкий заполнитель: в качестве мелкого заполнителя применялся природный песок речной карьерный II класса с модулем крупности Мк=1,0…1,5, что в соответствии с п. 4.3.2 ГОСТ 8736-93 [8] относится к очень мелким. Данный песок отличается низкой себестоимостью и универсальностью.

– минеральная добавка: для приготовления композиции в состав вяжущего добавлялся металлургический гранулированный шлак «Надежденского металлургического завода». Химический состав шлака представлен в таблице 2.

Таблица 2. Химический состав гранулированного шлака

Вид шлака	***Содержание оксидов, %***					
	FeO	***SO_3***	***SiO_2***	***CaO***	***MgO***	***Al_2O_3***
Гранулированный шлак «Надежденского металлургического завода»	51.94	4.07	35.40	3.10	1.59	3.90

Частицы доменного шлака имеют средний размер менее 95 микрометров.

Методы исследований: определение водоцементного соотношение образцов проводилось согласно ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема» [9]. Определение гранулометрического состава природного песка речного карьерного II класса проводилось согласного ГОСТ 8735-88. «Песок для строительных работ. [10] Испытания по определению прочностных характеристик вяжущего проводились согласно методикам приведенным в ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема» [9].

На основе приведенного анализа исследований в области улучшения характеристик цементного вяжущего были выбраны соотношения компонентов, представленные в таблице 3. Предварительные исследования композиций были направлены на установление влияния минеральной добавки на водопотребность смеси, результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица 3. Соотношение компонентов в композиционном материале

Образец	***Цемент***	***Шлак***	***B/B***
Контрольный	100%	0%	0.45
ДШ-5	95%	5%	0.45
ДШ-10	90%	10%	0.45
ДШ-15	85%	15%	0.45
ДШ-20	80%	20%	0.45

Из представленных данных видно, что введение шлака не оказывает влияния на водовяжущее отношение, не изменяется при увеличении содержания минеральной добавки.

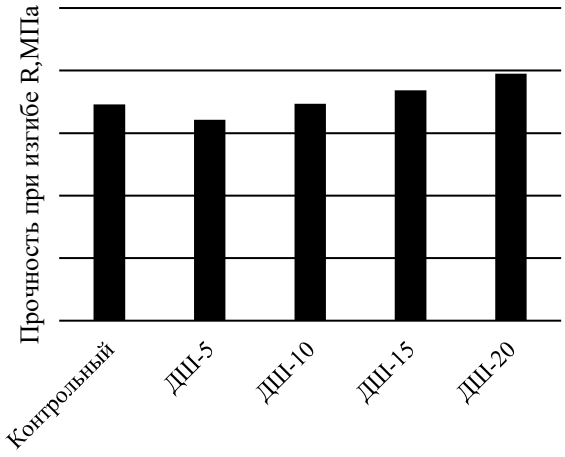
Для определения механических параметров композиций изготавливались образцов-балочки размером 40х40х160 мм, которые выдерживались 28 дней в воде при нормальной температуре, испытания проводились согласно

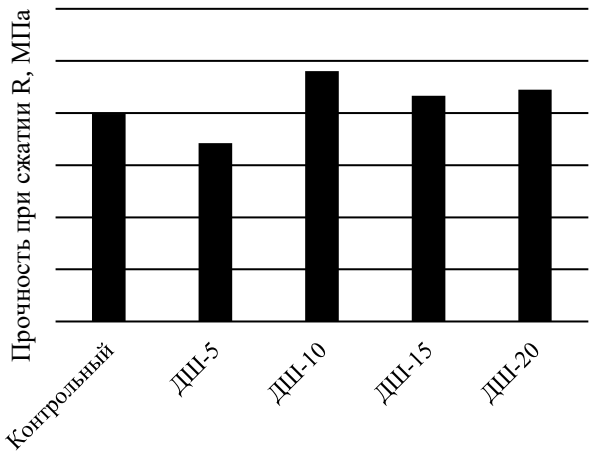
требованиям ГОСТ [8]. Результаты испытаний по определению пределов прочности на изгиб и на сжатие представленные в таблице 4.

Таблица 4. Среднее значение прочностей в сериях испытаний

Количество шлака, %	**Прочность на изгиб**		**Прочность на сжатие**	
	P, кН	**R, МПа**	**P, кН**	**R, МПа**
Контрольный	0.86	1.73	18.56	7.97
ДШ-5	0.63	1.61	16.62	6.84
ДШ-10	0.72	1.73	22.63	9.61
ДШ-15	0.98	1.84	20.83	8.66
ДШ-20	0.91	1.97	21.94	8.90

Для наглядного установления тенденции табличные данные были приведены в виде столбчатой диаграммы:





При введении доменного шлака в состав портландцемента наблюдается рост механических характеристик по отношению к контрольному составу. Незначительное снижение прочности на изгиб и на сжатие при добавлении 5% модификатора обусловлено тем, что его количество недостаточно для формирования матрицы композита с характеристиками аналогичными контрольному составу, поскольку реакционная способность добавки ниже клинкера вяжущего.

Проанализировав представленные зависимости, можно сделать вывод, что оптимальное содержание доменного шлака составляет 10%, при этом обеспечивается рост прочности при сжатии на 20% в сравнении с контрольным составом. Улучшение физико-механических характеристик связанно с

формированием дополнительных новообразований на основе гидросиликатов и гидроалюмосиликатов кальция, которые заполняют поровое пространство, связывая гидроксиды кальция в единый плотный конгломерат.

На основе проведенных исследований установлено, что металлургический гранулированный доменный шлак «Надежденского металлургического завода» может быть использован как модификатор, оптимальная концентрация составляет 10%, при этом обеспечивается прирост прочности на сжатие 20% в возрасте 28 дней.

Литература

1. Интернет-гипермаркет строительных материалов [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.materik-m.ru/ - Цементные растворы: виды, применение, приготовление
2. Портал консалтинговой компании «ИНЭК» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://inec.ru/ - Обзор российского рынка строительных материалов
3. Алексеенко А. А., Москвин Е. И., Птичников В. А. Улучшение характеристик бетонов путем ввода активной минеральной добавки — молотого доменного шлака // Молодой ученый. — 2015. — №24. — С. 80-85. — URL https://moluch.ru/archive/104/24493/ (дата обращения: 09.12.2019).
4. Дрянин Р. А., Сехпосян Г. П., Ананьев С. В., Калашников В. И. Влияние содержания микрокремнезема на повышение прочности реакционно-порошковых бетонов // Молодой ученый. — 2014. — №13. — С. 44-47. — URL https://moluch.ru/archive/72/12362/ (дата обращения: 07.12.2019).
5. Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., Коровченко И. В. Технология получения геополимерного вяжущего на базе магматических горных пород // Молодой ученый. — 2015. — №7. — С. 120-123. — URL https://moluch.ru/archive/87/17050/ (дата обращения: 07.12.2019).
6. Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., Тымчук Е. И. Влияние параметров состава на свойства геополимерного вяжущего на основе кислой золы-уноса //

Молодой ученый. — 2015. — №12. — С. 178-183. — URL https://moluch.ru/archive/92/20510/ (дата обращения: 07.12.2019).

7. ГОСТ 31108-2003 Цементы общестроительные. Технические условия – Введ. 2004-09-01
8. ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия – Введ. 1995-07-01
9. ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема» - Введ. 1978-01-01
10. ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний – Введ. 1989-07-01

Literature

1. Internet hypermarket of building materials [Electronic resource] - Access mode: https://www.materik-m.ru/ - Cement mortars: types, application, preparation
2. Portal of the consulting company "INEK" [Electronic resource] - Access mode: http://inec.ru/ - Review of the Russian building materials market
3. Alekseenko AA, Moskvin EI, Ptichnikov VA Improving the characteristics of concretes by introducing an active mineral additive - ground blast-furnace slag. Young Scientist. - 2015. - No. 24. - S. 80-85. - URL https://moluch.ru/archive/104/24493/ (date of access: 09.12.2019).
4. Dryanin RA, Sekhposyan GP, Ananiev SV, Kalashnikov VI Influence of microsilica content on increasing the strength of reaction-powder concretes. Young Scientist. - 2014. - No. 13. - S. 44-47. - URL https://moluch.ru/archive/72/12362/ (date of access: 07.12.2019).
5. Eroshkina NA, Korovkin MO, Korovchenko IV Technology of obtaining a geopolymer binder based on magmatic rocks // Young scientist. - 2015. - No. 7. - S. 120-123. - URL https://moluch.ru/archive/87/17050/ (date of access: 07.12.2019).
6. Eroshkina NA, Korovkin MO, Tymchuk EI Influence of composition parameters on the properties of geopolymer binder based on acid fly ash // Young scientist. -

2015. - No. 12. - S. 178-183. - URL https://moluch.ru/archive/92/20510/ (date of access: 07.12.2019).

7. GOST 31108-2003 General construction cements. Specifications - Int. 2004-09-01
8. GOST 8736-93 Sand for construction work. Specifications - Int. 1995-07-01
9. GOST 310.3-76 “Cements. Methods for determining normal density, setting time and uniformity of volume change ”- Introduction. 1978-01-01
10. GOST 8735-88 Sand for construction work. Test methods - Introduction. 1989-07-01