



СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Монография

Новосибирск
2014 г.

УДК 666+678
ББК 38.3
С 86

Рецензенты:

Ахмеднабиев Р.М., кандидат технических наук, доцент Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка;

Ахметов С.М., д-р техн. наук, проф., ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем (КазУИТС), академик РАЕН, действительный член (академик) Национальной инженерной академии Республики Казахстан, г. Уральск

Авторы: Р.М. Ахмеднабиев (Предисловие); С.И. Горностаев (Гл. 2); Б.И. Гуревич (Гл. 1); А.А. Дородных (Гл. 2; Гл. 3); О.А. Довженко (Гл. 5); А.Г. Касиков (Гл. 1); Л.В. Ким (Гл. 4); О.А. Мирюк (Гл. 6); В.В. Тюкавкина (Гл. 1); Н.А. Фалалеева (Гл. 4); Ю.В. Холодников (Гл. 7); И.А. Юрко (Гл. 5).

С86 «Строительные композиционные материалы»: коллективная научная монография; [под ред. Р.М. Ахмеднабиева]. Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. — 232 с.

ISBN 978-5-4379-0398-8

В монографии обобщены исследования, посвященные разработке новых композиционных видов вяжущих веществ на основе отходов медно-никелевого производства.

Трудно переоценить роль бетона в строительном деле, поэтому, как именитые, так и начинающие ученые в области бетоноведения, ведут исследования по обеспечению долговечности и надежности железобетонных конструкций. Читатель найдет в монографии интересные данные о трещиностойкости железобетонных конструкций и шпуночных стыковых соединений между ними.

Развитие химической технологии полимеров и науки о строительных материалах позволяют создавать новые поколения строительных композиционных материалов обладающих более совершенными свойствами.

Монография будет полезна для студентов строительного-технологических факультетов ВУЗов, инженеров, технических и научных работников предприятий стройиндустрии.

Главный редактор: канд. техн. наук, доцент Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка — Ахмеднабиев Расул Магомедович.

ББК 38.3

ISBN 978-5-4379-0398-8

© НП «СибАК», 2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ:

Предисловие	7
Глава 1. Композиционные магнезиальные вяжущие на основе отвального шлака медно-никелевого производства и продуктов его переработки.....	12
1.1. Разработка композиционного магнезиального вяжущего с использованием отвальных шлаков и продуктов их переработки.....	13
1.1.1. Исходные материалы и методика исследований.....	13
1.1.2. Композиционные магнезиальные вяжущие на основе шлаков и продуктов их переработки.....	17
1.2. Продукты гидратации магнезиального вяжущего модифицированного железокремниевыми добавками.....	24
Список литературы.....	34
Глава 2. Экспериментальные исследования трещиностойкости железобетонных составных конструкций.....	39
2.1. Анализ экспериментальных исследований сборно-монолитных конструкций.....	40
2.2. Экспериментальные исследования трещиностойкости и деформирования составных железобетонных конструкций с податливыми швами сдвига между стержнями.....	43
2.3. Методика испытания составных железобетонных балок на изгиб.....	47
2.4. Анализ результатов экспериментальных исследований.....	52
Список литературы.....	64

Глава 3. Экспериментальные исследования ширины раскрытия наклонных трещин железобетонных составных конструкций.....	66
3.1. Цель и задачи эксперимента	67
3.2. Конструкции опытных образцов и методика проведения эксперимента.....	67
3.3. Результаты экспериментальных исследований и их анализ.	73
Список литературы.....	85
Глава 4. Трещинообразование и трещиностойкость бетона.....	86
4.1. Причины трещинообразования бетона.....	88
4.2. Экспериментальные исследования наноструктурирования бетона.....	97
Список литературы.....	101
Глава 5. Прочность шпоночных стыков из фибробетона на синтетических волокнах.....	102
5.1. Методика проведения и результаты экспериментальных исследований.....	104
5.2. Результаты теоретических исследований прочности шпоночных соединений с фибробетона вариационным методом в теории пластичности бетона.....	111
Список литературы.....	121
Глава 6. Ресурсосбережение в технологии мелкозернистого бетона..	124
6.1. Основные направления ресурсосбережения в технологии бетона.....	124
6.2. Свойства техногенных материалов.....	130

6.3. Мелкозернистые бетоны на техногенных заполнителях.....	133
---	-----

Список литературы.....	144
------------------------	-----

Глава 7. Производство изделий из полимерных композиционных материалов.....	145
---	------------

7.1. Инновационность композитной отрасли.....	148
---	-----

7.2. Основные способы производства изделий из ПКМ.....	152
--	-----

7.2.1. Контактные способы производства.....	155
---	-----

7.2.2. Инжекция/инфузия связующего в закрытые формы.....	161
--	-----

7.2.3. Формование деталей из препрегов и премиксов.....	171
---	-----

7.2.4. Прессование ПКМ.....	180
-----------------------------	-----

7.2.5. Способы изготовления изделий протяжкой.....	184
--	-----

7.2.6. Намотка.....	190
---------------------	-----

7.2.7. Магнитоимпульсное формование.....	196
--	-----

7.2.8. Интегральные конструкции.....	196
--------------------------------------	-----

7.2.9. Технология объемного формования.....	197
---	-----

7.2.10. Способы изготовления изделий из полимербетона (искусственного камня).....	202
---	-----

7.2.11. Изготовление изделий способами механической обработки.....	208
--	-----

7.2.12. Изготовление сборных конструкций из ПКМ.....	215
--	-----

7.2.13. Футеровка.....	217
------------------------	-----

7.2.14. Литье.....	222
--------------------	-----

7.2.15. Ремонтные технологии.....	222
Список литературы.....	227
Сведения об авторах.....	229
Приложение.....	231

ПРЕДИСЛОВИЕ

Бетон является конструкционным материалом, способным решать комплекс сложных задач в строительстве. На каждом этапе развития человечества бетон получает свое дальнейшее развитие в соответствии с требованиями развитого общества. Бетон — классический композиционный материал конгломератной структуры, состоящий из цементной матрицы и заполнителей. Свойства бетона определяются, как свойствами цемента, так и свойствами заполнителей. Как известно в качестве вяжущего вещества в особых видах бетонов могут быть использованы не только цементы, но так же и другие виды вяжущих веществ, в том числе и вяжущие воздушного твердения.

Разработке нового поколения магнезиального вяжущего вещества посвящена работа авторов: Тюкавкина В.В., Касиков А.Г. и Гуревич Б.И.

Авторы разработали методику получения композиционных магнезиальных вяжущих веществ с использованием отходов медно-никелевого комбината. Проведенные физико-химические исследования позволили авторам сделать вывод о том, что изменение основных свойств вяжущего связаны с различиями фазового состава и структуры продуктов твердения. Увеличение содержания пентаоксигидрохлорида магния в составе вяжущего способствует повышению прочности. Повышенное содержание в магнезиальном камне $Mg(OH)_2$ приводит к снижению прочности и увеличению склонности к растрескиванию, а повышенное содержание триокси-гидрохлорида магния и образование оксигидрохлоридного соединения магния и кремния обеспечивают более высокий коэффициент водостойкости.

Авторы работы делают вывод, что в результате целенаправленного управления процессами гидратации и оксохлоридо-образования, формирования водостойких кристаллизационных структур твердения в системе MgO - $MgCl_2$ -силикат магния за счет введения кремнистых добавок, возможно получение композиционных магнезиальных вяжущих материалов с одновременным повышением водостойкости и других эксплуатационных характеристик.

Бетонная смесь с применением современных добавок позволяет формировать бетонные и железобетонные конструкции сложных конфигураций. Однако при реконструкции промышленных объектов, при увеличении пролетов несущих конструкций или шага колонн

возникает необходимость применения сборно-монолитных железобетонных конструкций. В железобетонных конструкциях, как известно, арматура защищена щелочной средой твердения цемента. В зависимости от условий эксплуатации промышленных объектов, в бетоне конструкций могут возникнуть процессы снижающие показатель pH . Известно, что при снижении pH ниже 9 возникает опасность развития коррозии арматуры. Снижается pH в результате развития карбонатной коррозии самого бетона, за счет химической реакции между известью в цементном камне и углекислотой из воздуха. Коррозионные процессы ускоряются при появлении трещин на конструкциях. Поэтому трещиностойкость железобетонных конструкций и методика учета момента появления трещин на конструкциях является важным моментом при эксплуатации железобетонных конструкций.

Экспериментальному исследованию трещиностойкости железобетонных составных конструкций посвящена работа авторов: Горностаев С.И. и Дородных А.А. Авторами проведено большое количество испытаний, как преднапряженных, так и обычно армированных составных железобетонных балок.

Данные экспериментальных исследований, позволило авторам прийти к выводу о том, что разработанная ими методика испытаний железобетонных составных балок с предварительно напрягаемой арматурой, применима для определения характера основных параметров деформирования и трещинообразования рассматриваемого класса конструкций, а также для сопоставления результатов испытаний с результатами испытаний образцов с ненапрягаемой арматурой.

Коррозионные процессы на поверхности арматуры зависят не только от количества трещин в бетоне, но и от ширины раскрытия трещин. Очевидно, что чем больше ширина раскрытия трещины, тем больше опасность ускорения коррозионных процессов.

Исследованию ширины раскрытия наклонных трещин на составных железобетонных конструкциях посвящена работа Дородных А.А.

Автор провела исследования ширины раскрытия трещин на составных железобетонных конструкциях при испытании их по наклонным сечениям.

Полученные экспериментальные данные предоставляют возможность для проверки предлагаемого расчетного аппарата ширины раскрытия наклонных трещин всех типов и основных рабочих гипотез с учетом условных сосредоточенных сдвигов в шве между бетонами, несовместности деформаций бетона и арматуры и эффекта нарушения

сплошности бетона для эффективного проектирования железобетонных составных конструкций при варьировании разных классов бетона и армирования.

Однако трещины на бетонных конструкциях возникают не только при нагрузках, но и при нарушении технологических параметров изготовления, укладки и уплотнения бетонной смеси при монолитном строительстве. Эти трещины иногда можно и не заметить не вооруженным глазом. В последнее время при приготовлении бетонных смесей для монолитного строительства стали применять бездобавочные портландцементы с высокой активностью. Технологические преимущества таких цементов для строителей очевидна: это быстрый набор прочности бетоном, возможность раннего распалубливания конструкций и на основании этого сокращения сроков строительства. Однако такие цементы опасны способностью создавать внутренние напряжения в твердеющем бетоне, что, как правило, приводит к образованию микротрещин в бетоне. Некоторые из этих трещин в процессе дальнейшего твердения бетона могут залечиваться. Но некоторая их часть продолжают увеличиваться в размерах, угрожая развитию всех известных видов коррозии бетона.

Исследованию причин возникновения микротрещин в твердеющем бетоне и разработке методов борьбы с этим явлением посвящена работа авторов: Ким Л.В. и Фалалеева Н.А. Проанализировав всевозможные причины возникновения микротрещин при твердении бетона, авторы пришли к выводу о том, что появление трещин можно избежать, используя наночастицы. Авторы использовали в работе углеродные нанотрубки и наночастицы кремнезема, полученные путем вакуумной сублимационной сушки диоксида кремния, извлекаемого из геотермального источника.

Проанализировав причины появления микротрещин в твердеющем бетоне, авторы пришли к выводу о том, что одной из причин трещинообразования в конструкциях из бетона на основе быстротвердеющих высокомарочных цементов, являются процессы карбонизации и сульфатизации несвязанной гидролизной извести, выделяющейся в процессе гидратационного твердения цемента, что сопровождается увеличением объема образующихся в порах солей и пропорциональным растрескиванием цементного камня.

Решить проблему авторы предлагают путем использования активных минеральных добавок. К числу таких добавок можно отнести нанокремнезем, что в пределах эксперимента дало положительный эффект. Использование в бетоне углеродных нанотрубок, с одной стороны, может способствовать наноармированию цементного

камня и повышению его прочности, особенно в ранние сроки, но, с другой стороны, вызывает сомнения в безопасности их применения при длительной эксплуатации и/или в условиях агрессивных сред.

Несмотря на то, что в последнее время значительное развитие получило монолитное возведение железобетонных конструкций, развивается также и каркасно-монолитное строительство, которое пришло на смену панельному. Проекты в этой сфере не уступают по экономичности и архитектурно-планировочному решению монолитным зданиям. Наиболее слабыми и опасными местами зданий при любом способе возведения остаются соединения отдельных элементов. Среди них лучше воспринимают усилия сдвига шпоночные соединения. Они встречаются в стыках конструкций пространственных покрытий, плит перекрытия (покрытия), ригелей с колоннами, панелей стен, колонн с фундаментами.

Разработке конструктивных решений шпоночных стыков железобетонных конструкций посвящена работа кандидатов технических наук Довженко О.А. и Юрко И.А.

Авторы разработали конструкцию стыков и предложили изготовить их из мелкозернистого бетона армированного дискретными синтетическими волокнами.

В результате проведенных исследований авторы пришли к обоснованному выводу о том, что фибробетоны на полипропиленовых волокнах является эффективным и перспективным материалом для стыковых соединений. Он устраняет такие недостатки традиционного железобетона, как: раннее трещинообразование, снижает усадочные деформации, увеличивает сопротивление бетона растяжению, а также способствует улучшению коррозионной, водоатмосферо- и износостойкости, что в свою очередь приводит к увеличению долговечности и снижению затрат на ремонт конструкций.

Для повышения эффективности современного строительства требуется снижение ресурсоемкости при производстве строительных материалов; сокращение потерь; рационального использования материалов и изделий. Производство бетонных и железобетонных конструкций является крупным потребителем сырьевых и энергетических ресурсов. Ресурсосбережению в технологии мелкозернистого бетона, что является перспективной разновидностью бетона, посвящена работа Мирюк О.А. Автор, методом пошагового анализа технологии изготовления конструкций из мелкозернистого бетона, проанализировала возможности снижения расхода материалов

и ресурсов, в том числе путем применения техногенных отходов производства в качестве заполнителей бетонов.

На основании, выполненных исследований автор делает вывод о том, что наиболее эффективные характеристики бетона обеспечивает оптимизированный зерновой состав заполнителей. Для достижения наибольших значений прочности и плотности мелкозернистого бетона целесообразно обеспечить преобладание крупной фракции.

Особое место в современном строительстве занимают композиционные материалы с использованием полимеров. Такие материалы нашли применение при устройстве кровли, производстве сэндвич-панелей, устройстве наливных полов, производстве линолеумов, мембранных гидроизоляционных покрытий, сантехнических изделий и многие прочие изделий и конструкций в том числе и для химической и биологической защиты.

Автор Холодников Ю.В. приводит в своей работе разработанная им самым классификацию композитов на основе полимерных матриц. В работе уделено внимание технологии изготовления промышленных и строительных композитов, в том числе и производству изделий из полимербетонов.

В заключение автор приходит к выводу о том, что традиционно композитные материалы применялись, прежде всего, в высокотехнологичных отраслях промышленности. Однако на данном этапе развития промышленности данный вид материалов и сопутствующие им технологии производства, широко востребованы в производственном секторе экономики для изготовления и защиты технологического оборудования и строительных конструкций, эксплуатируемых в агрессивной рабочей среде.

Ахмеднабиев Расул Магомедович

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Горностаев Сергей Иванович — кандидат технических наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Россия, г. Курск);

Гуревич Бася Израильевна — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева» Кольского научного центра Российской академии наук (Россия, Мурманская область, г. Апатиты);

Довженко Оксана Александровна — кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций и сопротивления материалов, Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка (Украина, г. Полтава);

Дородных Анна Алексеевна — кандидат технических наук, старший преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Россия, г. Курск);

Касиков Александр Георгиевич — кандидат химических наук, заведующий сектором, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева» Кольского научного центра Российской академии наук (Россия, Мурманская область, г. Апатиты);

Ким Лев Владимирович — кандидат технических наук, доцент, главный научный сотрудник, Дальневосточный федеральный университет (Россия, г. Владивосток);

Мирюк Ольга Александровна — доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой строительства и строительного материаловедения, Рудненский индустриальный институт (Республика Казахстан, Костанайская область, г. Рудный);

Тюкавкина Вера Владимировна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева» Кольского научного центра Российской академии наук (Россия, Мурманская область, г. Апатиты);

Фалалеева Надежда Алексеевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, Дальневосточный федеральный университет (Россия, г. Владивосток);

Холодников Юрий Васильевич — кандидат технических наук, генеральный директор, Общество с ограниченной ответственностью специальное конструкторское бюро «Мысль» (Россия, г. Екатеринбург).

Юрко Илона Анатольевна — кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов, Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка (Украина, г. Полтава).

Коллективные и авторские монографии НП «СибАК»

НП «СибАК» предоставляет возможность опубликовать результаты исследований в коллективных монографиях, которые представляют собой коллективный научный труд, а также в авторских монографиях.

Книги издаются в твердом переплете с присвоением УДК, ББК и номера ISBN, а также производится рассылка экземпляров по ключевым библиотекам РФ для возможности ознакомиться с ней широкому кругу ученых.

Материалы, опубликованные в монографиях, размещаются на сайте elibrary.ru, что подразумевает их индексацию в наукометрической базе РИНЦ (Российского индекса научного цитирования). Это позволяет отследить цитируемость монографии в научных изданиях.

Будем рады видеть Ваши работы по следующим направлениям:

История

Технические науки

Медицина

Филология

Педагогика

Экономика

Социология

Юриспруденция

В соответствии с информационным сообщением ВАК № 45.1-132 от 14.10.2008 г., к публикациям в научных периодических изданиях, включенных в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, могут быть отнесены монографии, написанные по материалам оригинальных исследований автора и литературным данным.

Контакты:

630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 9.

тел. 8 (383) 2-913-800; 8-913-915-38-00.

Сайт: www.sibac.info

E-mail: monography@sibac.info

Монография

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Под редакцией кандидата технических наук Р.М. Ахмеднабиева

Подписано в печать 29.11.14. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 14,5. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 9.
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3