



ВЕСТНИК

ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО № 15 (191)
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА 2010

ISSN 1991-9743

СЕРИЯ

«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

Выпуск 10

Учредитель – ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»

Редакционная коллегия серии:

д.т.н., профессор **В.М. Асташкин**
(*отв. редактор*);

Т.А. Кравченко (*отв. секретарь*);

д.т.н., профессор **С.Г. Головнев**;

д.т.н. **С.Е. Денисов**;

к.т.н., профессор **Ю.В. Максимов**;

д.т.н., профессор **В.И. Панферов**;

д.т.н., профессор **А.Н. Потапов**;

к.т.н., профессор **В.В. Спасибожко**;

д.т.н., профессор **Б.Я. Трофимов**.

Серия основана в 2001 году.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-26455
выдано 13 декабря 2006 г. Федеральной службой по
надзору за соблюдением законодательства в сфере
массовых коммуникаций и охране культурного на-
следия.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы
данных ВИНТИ. Сведения о журнале ежегодно
публикуются в международной справочной системе
по периодическим и продолжающимся изданиям
«Ulrich's Periodicals Directory».

Решением Президиума Высшей аттестационной
комиссии Министерства образования и науки Рос-
сийской Федерации от 19 февраля 2010 г. № 6/6 жур-
нал включен в «Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий, в которых должны
быть опубликованы основные научные результаты
диссертаций на соискание ученых степеней доктора и
кандидата наук».

Подписной индекс 29563 в объединенном каталоге
«Пресса России».

Периодичность выхода – 2 номера в год.

СОДЕРЖАНИЕ

ПАК Ч.Г., АБЫЗОВ В.А., БАТРАШОВ В.М. Жаростойкие фосфатные ячеистые материалы переменной плотности	4
ИГНАТОВА О.А., ПИМЕНОВ А.Т., ПОЛЯНСКАЯ Е.А. Применение топливосодержащих отходов для получения трещиностойких монолитных бетонов	6
МАШКИН Н.А., ЛЫТКИНА Е.В. Костролитовые строительные материалы с использованием композиционного магнезиального вяжущего на основе диабазы	8
РАДАЕВ С.С., СЕЛЕЗНЁВА О.И., РЯСНАЯ Н.З., ЗИМАКОВА М.В. Строительные материалы на основе опаловых пород	11
ФЁДОРОВ П.А., АНВАРОВ Б.Р., ЛАТЫПОВА Т.В., АНВАРОВ А.Р., ЛАТЫПОВ В.М. О математической зависимости, описывающей процесс нейтрализации бетона	13
ПРОКОПЕЦ В.С., ФИЛАТОВ С.Ф., РЫЧКОВА О.А. Гранулированная горячая асфальтобетонная смесь для ремонта дорожных покрытий	16
БРОВКИНА Н.Г., ОВЧАРЕНКО Г.И., БЫКОВ В.Г., ИЗОСИМОВ М.П. Влияние солей проникающей гидроизоляции на фазовый состав и пористость цементного камня	19
КАПУСТИН Ф.Л., РАГОЗИН Д.В., КУЗНЕЦОВ А.А., СЕМЕРИКОВ И.С., КАПУСТИН А.Ф. Влияние доменного шлака на качество цемента по ГОСТ 31108–2003	22
МИХЕЕНКОВ М.А. Влияние прессования на структурные превращения фосфогипса и разработка технологии получения вяжущих материалов и строительных изделий на его основе	25
ФЕДОСОВ С.В., СЕРЕГИН Г.В., БУРДУН К.И. Свойства высокоглиноземистого цементного камня, модифицированного тонкомолотыми добавками и суперпластификатором МФ-АР	28
ШАЯХМЕТОВ Р.З., ЯКОВЛЕВ В.В. Пигменты строительного назначения из шламов водоочистки	31
ТРОФИМОВ Б.Я., КРАМАР Л.Я. Исследование свойств синтетических пигментов для декоративного бетона	36
БАТАЛИН Б.С., БЕЛОЗЁРОВА Т.А., МАХОВЕР С.Э., ГАЙДАЙ М.Ф. Кирпич сухого прессования из террикоников Кизела	39
ЮНДИН А.Н., КУЧУЕВ Е.В. Поверхностное натяжение насыщенных растворов неорганических вяжущих веществ в присутствии современных пенообразователей и его влияние на кратность и стойкость получаемых пен	42
ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ В.Б., НОВИЧЕНКОВА Т.Б., ДОМАНСКАЯ И.К. К вопросу упрочнения прессованных гипсовых материалов	46
КРАСИНИКОВА Н.М., ХОЗИН В.Г. Новый способ приготовления пенобетона	49
САГДАТУЛЛИН Д.Г., МОРОЗОВА Н.Н., ХОЗИН В.Г., ИЛЬИЧЕВА О.М. Деформации высокопрочного композиционного гипсового вяжущего при твердении	51
ТРУНИЛОВА Д.С., ГАРКАВИ М.С., ШЛЕНКИНА С.С. Особенности твердения ангидрита в присутствии извести и асбеста	54
ГОЛОВНЕВ С.Г., БАЙБУРИН А.Х., БЕРКОВИЧ Л.А. Новый способ возведения монолитных зданий в зимнее время	56
Сведения об авторах	59

CONTENTS

PAK CH.G., ABYZOV V.A., BATRASHOV V.M. Heat-resistant phosphatic cellular materials with nonuniform density	4
IGNATOVA O.A., PIMENOV A.T., POLYANSKAYA E.A. Application of fuel-bearing waste for obtaining crack resistant monolithic concrete	6
MASHKIN N.A., LYTKINA E.V. Boon cast building materials with the use of compositional magnesium oxychloride binding on the basis of diabase	8
RADAEV S.S., SELEZNYOVA O.I., RYASNAYA N.Z., ZIMAKOVA M.V. Opaline rock-based building materials	11
FYODOROV P.A., ANVAROV B.R., LATYPOVA T.V., ANVAROV A.R., LATYPOV V.M. On mathematical relation describing concrete carbonization process	13
PROKOPETS V.S., FILATOV S.F., RYCHKOVA O.A. Granulated hot-mixed asphalt for road carpet repairing	16
BROVKINA N.G., OVCHARENKO G.I., BYKOV V.G., IZOSIMOV M.P. Influence of penetrating waterproofing salts on the phase composition and spondiness of cement stone	19
KAPUSTIN F.L., RAGOZIN D.V., KUZNETSOV A.A., SEMERIKOV I.S., KAPUSTIN A.F. Influence of the blast-furnace slag on concrete quality (GOST 31108–2003)	22
MIKHEENKOV M.A. Influence of pressing on phosphogypsum structural changes and development of technologies of obtaining of matrix materials and constructional products on its basis	25
FEDOSOV S.V., SERVOGIN G.V., BURDUN K.I. Properties of the high-alumina cement stone modified by floured admixtures and superplasticizing admixture MF-AR	28
SHAYAKHMETOV R.Z., YAKOVLEV V.V. Colours of building purpose from raw sludge of wastewater purification	31
TROFIMOV B.Y., KRAMAR L.Y. Analysis of properties of synthetic pigments for the architectural concrete	36
Batalin B.S., Belozyorova T.A., Makhover S.E., Gaidai M.F. Dry-pressed brick made from Kizel waste pile	39
YUNDIN A.N., KUCHUEV E.V. Surface-tension of saturated solutions of the inorganic bbinding in the modern foaming agent presence and its impact on the expansion and stability of the obtained foams	42
PETROPAVLOVSKAYA V.B., NOVICHENKOVA T.B., DOMANSKAYA I.K. On the strengthening of the pressed binding materials	46
KRASINIKOVA N.M., KHOZIN V.G. New way of foamed concrete preparation	49
Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Khozin V.G., Ilichyova O.M. Deformations of high-strength composition of gypseous binding during maturing	51
TRUNILOVA D.S., GARKAVI M.S., SHLENKINA S.S. Peculiarities of maturing of anhydrite in the lime and mountain flax presence	54
GOLOVNEV S.G., BAIBURIN A.H., BERKOVICH L.A. A new method of monolithic constructions building in wintertime	56
Information about the authors	59

ЖАРОСТОЙКИЕ ФОСФАТНЫЕ ЯЧЕЙСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

Ч.Г. Пак, В.А. Абызов, В.М. Батрашов

HEAT-RESISTANT PHOSPHATIC CELLULAR MATERIALS WITH NONUNIFORM DENSITY

Ch.G. Pak, V.A. Abyzov, V.M. Batrashov

Разработаны ячеистые фосфатные материалы переменной плотности с использованием алюмосиликатных микросфер. Твердение материала обеспечивается за счет самораспространяющейся экзотермической реакции.

Ключевые слова: жаростойкие бетоны, фосфатные связующие, ячеистые бетоны, самораспространяющаяся экзотермическая реакция.

The cellular phosphatic nonuniform density materials were developed with the use of silica-alumina microspheres. Material solidification is achieved by self-distributing exothermic reaction.

Keywords: heat-resistant concrete, phosphatic bindings, cellular concrete, self-distributing exothermic reaction.

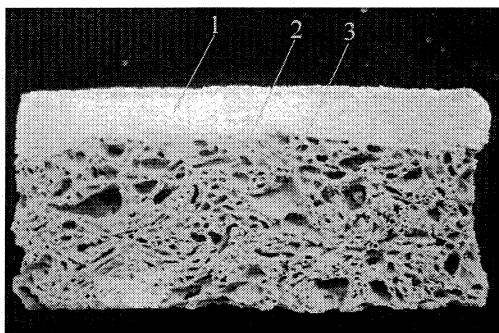
Создание огнеупорных материалов, обладающих высокими физико-механическими и теплотехническими характеристиками, устойчивых к воздействию высоких температур и агрессивных сред, является одной из важнейших задач материаловедения.

При решении данной проблемы необходимо использовать современные технологии получения огнеупорных материалов. Одним из перспективных способов получения термостойких высокоогнеупорных материалов является самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Процесс протекает с сильноэкзотермическим взаимодействием элементов в режиме горения при температуре до 2500...4000 °С, обеспечивая получение плотных огнеупорных материалов [1].

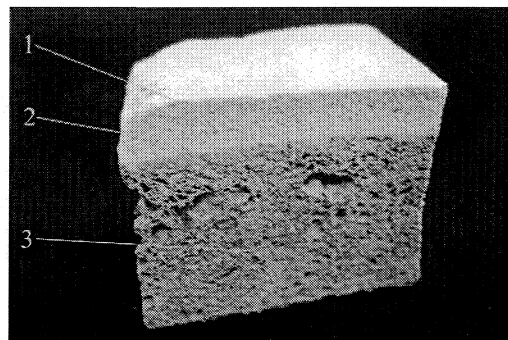
В работе [2] было установлено, что экзотермическая реакция между порошком алюминия и фосфатным связующим, сопровождающаяся значительным газо- и тепловыделением, обеспечивает формирование ячеистой фосфатной композиции. При этом максимальная температура реакции достигает 210...260 °С, что является достаточным для твердения материала. Конечные продукты синтеза – высокотемпературные фосфатные соединения с преобладанием $AlPO_4$. Показано, что основным способом управления процессами структурообразования и свойствами такого материала является регулирование активности связующего путем изменения концентрации ортофосфорной кислоты и ее частичной нейтрализации, например соединениями алюминия и хрома [3, 4]. Если в данную композицию ввести огнеупорные порошки (кис-

лые огнеупорные оксиды и их смеси, наполнители алюмосиликатного, глиноземистого и хромглиноземистого состава), то формируется ячеистый жаростойкий материал (газобетон) со средней плотностью 400...1000 кг/м³ и температурой применения до 1400...1600 °С [3–5]. Такой газобетон широко используется для изоляции стекловаренных печей и тепловых агрегатов в промышленности строительных материалов.

В настоящей работе была поставлена цель разработать ячеистые жаростойкие материалы переменной плотности, твердеющие в режиме самораспространяющегося экзотермического синтеза, применяя различные порошки алюминия. В качестве наполнителей использовали: тонкомолотый шамот с удельной поверхностью 4000 см²/г Сухоложского завода, отработанный алюмохромовый катализатор ИМ-2201 ОАО «Каучук» (г. Стерлитамак) по ТУ 2123-093-16810126-2004, алюмосиликатные микросферы с насыпной плотностью 420 кг/м³, полученные фракционированием золы Рефтинской ГРЭС (Свердловская обл.). Связующее – алюмохромфосфатное производство ЗАО «ФК» г. Буй (Костромская обл.). В качестве алюминиевого порошка использовали алюминиевую пудру ПАП-1 по ГОСТ 5494, модифицированную алюминиевую пудру ПОС-15 и алюминиевый порошок ПА-4. Изделия формовали в три слоя с различными дозировками дисперсного алюминия. Наполнителями для нижнего и среднего слоя газобетона являлись шамот и отработанный катализатор ИМ-2201, для верхнего слоя – алюмосиликатные микросферы.



а)



б)

Влияние вида алюминиевого порошка на структуру ячеистого жаростойкого фосфатного материала:
а – алюминиевая пудра ПАП-1, модифицированная алюминиевая пудра ПОС-15; б – алюминиевый порошок ПА-4

Вне зависимости от вида дисперсного алюминия, у полученных материалов четко видны 3 зоны (см. рисунок): более плотный фосфатный газобетон со средней плотностью $800 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$, промежуточная структура и фосфатный газобетон на алюмосиликатных микросферах со средней плотностью $300 \dots 400 \text{ кг/м}^3$.

Таким образом, использование алюмосиликатных микросфер помимо традиционных наполнителей позволяет получить фосфатный газобетон переменной плотности в режиме самораспространяющегося экзотермического синтеза, что существенно расширяет его области применения.

Литература

1. Мержанов, А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких соединений / А.Г. Мержанов // Вестник АН СССР. – 1976. – № 10. – С. 76–84.
2. Абызов, А.Н. Получение теплоизоляционных жаростойких фосфатных материалов методом

самораспространяющегося синтеза / А.Н. Абызов // Жаростойкие материалы и бетоны: сб. науч. тр. – Челябинск: УралНИИСтромпроект, 1978. – С. 50–53.

3. Абызов, А.Н. Получение поризованных жаростойких фосфатных материалов методом самораспространяющегося экзотермического синтеза / А.Н. Абызов // Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Высокотемпературная химия силикатов и оксидов». – Л.: Наука, 1988. – С. 399–401.

4. Пак, Ч.Г. Разработка и исследование жаростойкого алюмохромфосфатного газобетона: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ч.Г. Пак. – М.: НИИЖБ, 1987. – 21 с.

5. Абызов, В.А. Ячеистые жаростойкие материалы на основе промышленных отходов / В.А. Абызов // Строительство и образование: сб. науч. тр. – Екатеринбург: УГТУ, 2001. – Вып. 4. – С. 123–124.

Поступила в редакцию 25 февраля 2010 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКИХ МОНОЛИТНЫХ БЕТОНОВ

О.А. Игнатова, А.Т. Пименов, Е.А. Полянская

APPLICATION OF FUEL-BEARING WASTE FOR OBTAINING CRACK RESISTANT MONOLITHIC CONCRETE

O.A. Ignatova, A.T. Pimenov, E.A. Polyanskaya

Совместное введение расширяющегося компонента, пуццолановой добавки и химических соединений компенсирует усадку монолитных бетонов. Предлагается использование расширяющихся и кислых зол ТЭЦ и кремнийорганической жидкости с эффектом воздухововлечения.

Ключевые слова: монолитный бетон, компенсация усадки, расширяющиеся золы, кремнийорганические жидкости.

The combined introduction of expanding component, pozzolanic admixture and chemical compound compensate the monolithic concrete contraction. The authors offer using expanding and acid ashes of a heat electric generation plant, and silicone fluid with the air entrainment effect.

Keywords: monolithic concrete, contraction compensation, expanding ashes, silicone fluids.

Применение в строительстве технологии монолитного бетонирования связано с существенными проблемами: в процессе структурообразования может происходить значительная усадка бетона. Бетонная смесь содержит гораздо больше воды, чем требуется для гидратации цемента, что ведет к образованию пор, дефектам структуры из-за выхода несвязанной воды и появлению трещин при усадке.

Основная сложность проблемы получения трещиностойких бетонов состоит в выявлении природы процессов, приводящих к растрескиванию материала. Причинами появления трещин являются:

- температурные и усадочные напряжения, возникающие в процессе тепло- и массообмена с окружающей средой;

- собственные напряжения в твердеющем цементном камне в результате фазовых превращений, а также кристаллизационного и осмотического давления.

Для снижения усадки и предотвращения возникновения трещин обычно придерживаются следующих основных направлений:

- применение бетонных смесей с пониженным содержанием цемента;
- уход за твердеющим бетоном;
- использование добавок, компенсирующих усадку;
- применение расширяющихся цементов.

Влажностная усадка до схватывания бетона протекает в первые 2–4 часа после приготовления бетонной смеси, когда вода находится в свободном состоянии и минералы цементного камня не вступили с ней во взаимодействие. Для предупрежде-

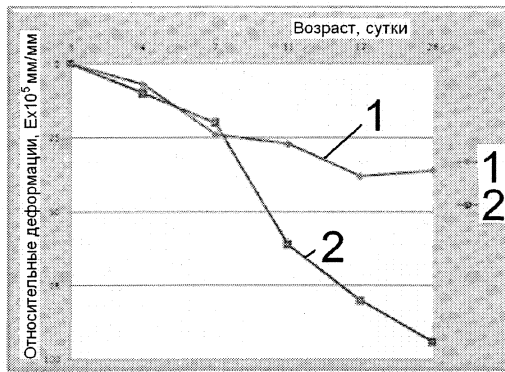
ния возникновения трещин, вызванных первичной усадкой, необходим комплекс мероприятий по ограничению содержания воды и предотвращению ее испарения.

Снижение расхода цемента на единицу объема бетона может быть достигнуто путем уменьшения водоцементного отношения введением различных пластифицирующих добавок.

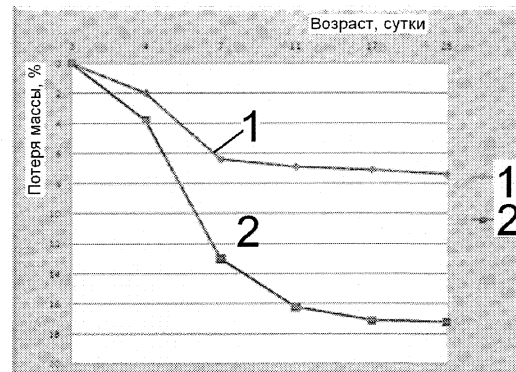
Уход за бетоном предполагает защиту поверхности от испарения, укрытие пленкой, распыление пленкообразующих веществ, например акриловых составов («кюринг»). Указанные меры позволяют удерживать внутри бетона необходимую для гидратации цемента воду, поддерживать температурные условия при твердении и создавать гидроизоляцию поверхности.

Метод ухода за бетоном, не требующий внешней обработки поверхности и ее дополнительного увлажнения, основан на введении в бетонную смесь химических соединений, уменьшающих испарение воды при твердении бетона в сухих условиях, а также ее миграцию в нижерасположенные слои. Применение кремнийорганических жидкостей для объемной гидрофобизации способствует удержанию воды в бетоне и повышению степени гидратации цемента.

Компенсация усадки и ее перевод в расширение может быть достигнут применением расширяющихся и напрягаемых цементов. Их отличительной особенностью является объемное расширение в процессе твердения. При ограничении деформаций расширения (твердение в стесненных условиях) в напрягающемся бетоне появляются



а)



б)

Сравнение эффективности разработанного (№ 1) и традиционного (№ 2) составов монолитного бетона;
а) относительные деформации, б) потеря массы при твердении

собственные напряжения сжатия (самонапряжения). Безусадочными считаются цементы, у которых линейное расширение незначительно – $\epsilon = 0,2-0,3\%$, расширяющимися – до $0,7\%$, самонапрягающимися – свыше $0,7\%$. Расширяющиеся цементы и добавки увеличивают объем твердеющей смеси после схватывания и на ранних этапах твердения (до 7 суток). При применении напрягающегося бетона в монолитной конструкции формируется напряженно-деформированное состояние, противоположное тому, что имеет место при усадке в традиционных конструкциях.

Практическое применение получили гидросульфаталюминатное или оксидное типы расширения цементов. Условием расширения первого типа является образование этtringита ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$) при использовании глиноземистого цемента или алюминатов и гипса. Существенным недостатком напрягаемых цементов, полученных при гидросульфаталюминатном расширении, является быстрое схватывание цементного теста, что затрудняет их применение в монолитном строительстве. Основной оксидного расширения является применение добавок-оксидов MgO и CaO. Эффект расширения может достигать от $0,13$ до $0,4\%$.

Проведены исследования по получению напрягающего цемента на основе высококальциевой золы канско-ачинских бурых углей. В данной золе общее содержание CaO составляет $26,5-47,55\%$, при этом часть окиси кальция находится в свободном состоянии. Известно, что такая зола обладает гидравлической активностью, но при взаимодействии с водой возникают объемные деформации. Поскольку зола содержит $3,8-12,7\%$ $\text{CaO}_{\text{своб}}$ и $1,8-5,8\%$ SO_3 , расширение может происходить в результате гашения $\text{CaO}_{\text{своб}}$ и образования этtringита.

Влажностная усадка после схватывания протекает в затвердевшем материале и связана с уплотнением цементного геля. Снижение усадки бетона будет более эффективным, если при приготовлении бетонной смеси использовать активные минеральные добавки (микрокремнезем, кислую золу уноса или тонкомолотые легкие заполнители) для «внут-

реннего ухода». Активные минеральные добавки в процессе твердения бетона позволят связать гидратированную $\text{CaO}_{\text{своб}}$ высококальциевой золы.

Предложен комплексный подход к повышению трещиностойкости монолитных бетонов – совместное введение расширяющегося компонента, пуццолановой добавки и химических соединений, предотвращающих испарение воды и компенсирующих усадочные деформации монолитных бетонов. В качестве расширяющегося компонента применена высококальциевая зола канско-ачинских бурых углей, кислая зола кузнецких углей как активная минеральная добавка для «внутреннего ухода», в качестве гидрофобизатора – гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость с эффектом воздухововлечения.

Как критерий для оценки эффективности предлагаемых методов может быть использован коэффициент трещиностойкости:

$$K_{\text{тр}} = R_{\text{изг}}^{\text{с}} / R_{\text{изг}}^{\text{вл}}$$

где $R_{\text{изг}}^{\text{с}}$ – прочность бетона при твердении в воздушно-сухих условиях; $R_{\text{изг}}^{\text{вл}}$ – прочность бетона при твердении в воде.

Известно, что $K_{\text{тр}}$ для цементного камня $\sim 0,1$, для растворов и бетонов – $0,5-0,8$. При получении трещиностойких материалов $K_{\text{тр}}$ достигает $0,9$.

На рисунке приведены деформации растворной части монолитного бетона. Предлагаемый состав № 1 позволяет снизить усадочные деформации практически в два раза по сравнению с традиционным № 2.

Таким образом, установлено, что совместное применение топливосодержащих отходов (расширяющейся высококальциевой и кислой золы) и химических соединений, предотвращающих испарение воды, компенсирует усадочные деформации монолитных бетонов и позволяет повысить их трещиностойкость.

Поступила в редакцию 21 февраля 2010 г.

КОСТРОЛИТОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННОГО МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ДИАБАЗА

Н.А. Машкин, Е.В. Лыткина

BOON CAST BUILDING MATERIALS WITH THE USE OF COMPOSITIONAL MAGNESIUM OXYCHLORIDE BINDING ON THE BASIS OF DIABASE

N.A. Mashkin, E.V. Lytkina

Установлено, что введение 70 % диабаз обеспечивает повышение водостойкости магниального вяжущего вещества. Использование такого вяжущего позволяет получать костролитовые строительные материалы с повышенной водостойкостью и низкой теплопроводностью.

Ключевые слова: костра льна, магниальное вяжущее, диабаз, механическая прочность, водостойкость.

It is determined that introduction of 70 % diabase provides increase of magnesium oxychloride binding waterproofing. The usage of such binding material allows to obtain boon cast building materials with high waterproofing characteristics and low thermal conductance.

Keywords: flax boon, magnesium oxychloride binding, diabase, mechanical strength, waterproofing.

XXI век – это век композиционных материалов. Природные и даже синтетические материалы в их естественном виде уже не вполне удовлетворяют требованиям конструкторов, архитекторов и технологов. Суть композитов заключается в том, что в сочетании различных материалов проявляются их лучшие стороны в той степени, в которой это нужно для каждого конкретного случая применения. До недавнего прошлого основной сферой применения композитов были космонавтика и авиация. Сегодня повсеместно происходит осознание преимуществ этого направления и его реализация в самой широкой конструктивной и технологической практике.

В настоящее время техногенные и природные некондиционные магниесодержащие отходы могут представлять качественное сырье для создания композиционных материалов. Количество магниально-силикатных отходов достигает 5 млрд тонн в год. Например, только диопсидовые отходы Алданского горно-промышленного района оцениваются в десятки миллионов тонн.

Магниальные вяжущие вещества являются ценным активным компонентом строительных композиционных материалов. Однако магниальные вяжущие на основе магниально-карбонатного сырья ограничены в применении ввиду малого количества месторождений магнезита. Для магниального вяжущего вещества характерны корот-

кие сроки схватывания, быстрый набор прочности до высоких значений. Менее выраженная основность магнезии по сравнению с кальцием обуславливает химически нейтральный характер продуктов гидратации магниального цемента, а вследствие этого и отсутствие высолообразования. Благодаря этому магниальные вяжущие имеют преимущество в их использовании с органическими заполнителями. Органический заполнитель не разрушается в изделиях из магниального цемента в течение десятков лет. В качестве органических заполнителей при изготовлении строительных материалов традиционно используют растительные отходы.

К сожалению, масштабы применения магниальных материалов пока еще ограничены, поскольку они неустойчивы к действию воды, что проявляется в потере прочности при длительном хранении в воде.

Анализ литературных данных показал, что для повышения водостойкости магниальных вяжущих веществ перспективно введение в их состав минеральных добавок. В данной работе, выполненной на кафедре строительных материалов и специальных технологий НГАСУ (Сибстрин), в качестве минеральной добавки исследован местный силикатный отход – диабаз, образующийся в процессе дробления диабазовой породы при получении щебня (месторождение пос. Горный, Ново-

сибирская область). Минеральный состав диабаз представлен полевыми шпатами, слюдой, хлоритами, каолинитом, диопсидом. Химический состав диабаз приведен в табл. 1.

В исходном состоянии порошок диабаз характеризуется насыпной плотностью, равной 1420 кг/м³, истинной плотностью 2,78 г/см³, удельной поверхностью 2240 см²/г, частные остатки на ситах по массе составляют: более 0,63 мм – 29,48 %, более 0,20 мм – 26,24 %, более 0,08 мм – 24,78 %, менее 0,08 мм – 19,50 %.

Для проведения данной работы композиционные магнезильные вяжущие готовились следующим образом: MgO и диабаз смешивались в соотношении, равном 30:70 и затворялись раствором хлорида магния плотностью 1,2 г/см³ при Ж:Т=0,8. Такое соотношение «MgO:наполнитель», по данным работы [1] и результатам наших исследований, является оптимальным. Далее производилось прессование в две ступени для удаления воздуха под нагрузкой 2,5/5 МПа (в числителе указано давление прессования на первой, в знаменателе – на второй ступенях). Свойства композиционного магнезильного вяжущего вещества приведены в табл. 2.

Введение в магнезильное вяжущее тонкодисперсного диабаз приводит к снижению высокообразования за счет уменьшения содержания свободного оксида магния. Диабаз влияет на процесс гидратации магнезильных вяжущих и на структурную стабильность продуктов твердения. Такой материал набирает прочность в ранние сроки твердения. Использование тонкодисперсного порошка диабаз в составе композиционного вяжущего обеспечивает получение изделий повышенной водостойкости.

С использованием композиционного магнезильного вяжущего, затворенного раствором хлорида

магния, были изготовлены образцы-цилиндры, прессованные в форме диаметром 40 мм под давлением 4/8 МПа. Без пигмента образцы имеют светлый оттенок, среднюю плотность 1650 кг/м³. При малом содержании раствора MgCl₂ (влажность смеси 27 %) образцы имеют низкую водостойкость – коэффициент размягчения 0,34 при водопоглощении 8 %, прочность при сжатии 6,5 МПа. При увеличении влажности смеси до 50 % повышается прочность образцов при сжатии до 12,0 МПа и коэффициент размягчения до 1,0...1,2, водопоглощение снижается до 5 %.

На основе композиционного магнезильного вяжущего с добавлением органического заполнителя – костры льна (местный отход производства), были получены костролитовые материалы повышенной водостойкости. В Сибири льнозаводы расположены на территории Омской, Новосибирской областей, Алтайском крае. В работе использована костра льна Легостаевского льнозавода (Искитимский район Новосибирской области). Она имеет насыпную плотность 110...120 кг/м³, влажность 15...20 %, гигроскопичность 24...26 %, истинную плотность 1,12 г/см³, пустотность 78 %, набухание в течение получаса 0,72 %, в течение 24 часов – 2,25 %.

Костролитовые образцы изготавливались двумя способами: двуступенчатым прессованием и литьем. Для приготовления литых ксилолитовых материалов использован состав с соотношением «вяжущее:костра» = 1:1. Прессованные образцы изготовлены при давлении прессования 2/4 МПа при влажности смеси 75 % с гранулометрией костры 1,25...0,63 см. Образцы твердели на воздухе и в воде 28 суток. Результаты испытаний приведены в табл. 3, в которой указаны значения, соответствующие 10 %-ной деформации образцов ($\sigma_{сух}^{10\%}$),

Таблица 1

Химический состав диабаз

Содержание оксидов, % мас.							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п.
47,36	16,86	16,71	3,85	7,75	3,08	0,11	0,2

Таблица 2

Физико-механические свойства композиционного магнезильного вяжущего вещества

Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, твердении, МПа, в возрасте			
	на воздухе		в воде	
	28 сут	60 сут	28 сут	90 сут
1490	12,05	13,45	9,20	8,9

Таблица 3

Физико-механические свойства костролитовых композитов

Наполнитель	Образцы	Средняя плотность, кг/м ³	$\sigma_{сух}^{10\%}$, МПа	R _{сух сж} , МПа	R _{н.в сж} , МПа	Капиллярный подсос, через 12 ч, %	Водопоглощение, W _v , %	Коэффициент размягчения, K _p
Костролит	прессов.	508	1,00	3,73	3,28	25,1	45,3	0,88
Контрольный		446	0,72	4,90	0,83	38,8	52,0	0,17
Костролит	литой	630	0,50	1,40	0,60	32,6	42,3	0,40

прочности при сжатии в сухом $R_{сж}^{сух}$ и насыщенном водой состоянии $R_{сж}^{н.в}$, водопоглощение по объему. Костролитовые изделия отличаются низкой средней плотностью (499...508 кг/м³), низкой теплопроводностью (0,150...0,164 Вт/м²·°С), что соответствует теплоизоляционным материалам, и высоким коэффициентом размягчения ($K_p = 0,88$).

Таким образом, для повышения водостойкости продуктов твердения магнезиальных вяжущих веществ может использоваться добавка диабаз (70 %), представляющая собой отход щебеночно-го производства и имеющая удельную поверхность 2000...2500 см²/г. Применение композиционного магнезиального вяжущего вещества, содержащего диабаз, позволяет получать костролитовые композиционные материалы, обладающие высокой водостойкостью и низкой теплопроводностью.

Внести вклад в проблему утилизации отходов возможно посредством более полного использования техногенных и некондиционных природных ресурсов в производстве местных строительных материалов. Совместное использование высокомагнезиальных и магнезиально-силикатных отходов в производстве композиционных магнезиальных вяжущих материалов позволит расширить сырьевую базу, вовлечь техногенное сырье в производство и будет способствовать улучшению экологии регионов.

Литература

1. Верещагин, В.И. Водостойкие смешанные магнезиальные вяжущие / В.И. Верещагин, В.Н. Смирнская, С.В. Эрдман // *Стекло и керамика*. – 1997. – № 11. – С. 33–37.

Поступила в редакцию 18 февраля 2010 г.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОПАЛОВЫХ ПОРОД

С.С. Радаев, О.И. Селезнёва, Н.З. Рясная, М.В. Зимакова

OPALINE ROCK-BASED BUILDING MATERIALS

S.S. Radaev, O.I. Seleznyova, N.Z. Rysnaya, M.V. Zimakova

Представлены сведения о результатах гидротермального выщелачивания опаловых пород Камышловского месторождения. Показана целесообразность использования продуктов выщелачивания для получения стеновых материалов и жароупорных бетонов.

Ключевые слова: опаловые породы, опаловое сырьё, жидкое стекло, опил, жароупорные бетоны.

The information of the results of hydrothermal leaching of opaline rock of Kamyshevsk deposit is given. The authors prove the reasonability of usage of the leachate for walling materials and refractory compressions obtaining.

Keywords: opaline rock, opaline raw material, liquid glass, refractory compressions.

Одним из возможных путей решения проблемы снижения тепловых потерь в таких районах, как Сибирь, и особенно Крайний Север, может быть разработка теплоизоляционных материалов на основе водных растворов щелочных силикатов, извлеченных из опалового сырья, в сочетании с отходами производства [3]. Это позволит обеспечить выпуск конкурентоспособных, негоряемых изделий. Как показывает российский и зарубежный опыт, использование отходов промышленно-сти в производстве строительных материалов позволяет покрыть потребность в сырьевых ресурсах, сократить затраты на изготовление строительных материалов и снизить техногенные нагрузки на окружающую среду. Так как в Тюменской области значительно развита деревообрабатывающая промышленность, то и объем отходов имеет довольно ощутимый размер. В основном это стружка и опил, которые скапливаются в отвалах, и лишь за редким исключением применяются в производстве древесно-стружечных плит. По официальным данным, с предприятий деревообработки в области за год вывозится 500 тыс. тонн отходов. По факту же эта цифра больше в несколько раз. Пусть опил, щепа и нетоксичны, но не будучи должным образом утилизированы, они так или иначе представляют угрозу для здоровья и безопасности населения. Кроме того, невостребованные отходы могут приносить прибыль в качестве топлива, сырья для производства удобрений и стройматериалов.

В связи с этим задачи по разработке энергоэффективных строительных материалов с использованием отходов промышленного производства являются актуальными. Нами был разработан материал, заполнителем в котором является опил или стружка, а в качестве вяжущего используется суспензия жидкого стекла, полученная в результате гидротермального выщелачивания диатомита [2].

Выбор жидкого стекла, изготовленного из

диатомитов, в качестве вяжущего объясняется тем, что оно в 2–3 раза дешевле жидкого стекла, полученного по традиционной технологии методом сплавления. Кроме того, жидкое стекло способно склеивать целлюлозу с образованием прочного каркаса и, в отличие от портландцемента, не разрушается от воздействия органических кислот, содержащихся в древесине.

В качестве исходного сырья используется диатомит Камышловского месторождения Свердловской области. Для получения жидкого стекла диатомит смешивают с натриевой щелочью и водой до получения жидкой массы и выдерживают при температуре 90–95 °С в течение 4 часов, при этом происходит растворение аморфного кремнезема в щелочи с образованием силикатов натрия. Кроме того, из гуминовых кислот, содержащихся в диатомите, образуются гуматы натрия.

При обжиге происходит выгорание органических веществ и дополнительная активация кремнезема [1]. На рис. 1 показана зависимость растворения кремнезема от количества введенной щелочи. Расход щелочи составляет от 1 до 6 г на 10 г диатомита, время обработки – 6 часов. При этом, как видно из графиков, расход щелочи более 0,4 г на 1 г диатомита не вызывает значительного роста растворимости кремнезема.

Также была определена наиболее эффективная продолжительность гидротермальной обработки (рис. 2), которая составляет 4 часа. Причем обожженный при 700 °С диатомит показывает большую активность при образовании жидкого стекла. Силикатный модуль получаемого жидкого стекла составляет для обожженного диатомита 2,1, а для необожженного – 1,6. Для получения материала необходимо смешать опил или стружку с суспензией жидкого стекла в соотношении 1:2 по массе. В качестве отвердителя жидкого стекла применяется кремнефтористый натрий в количест-

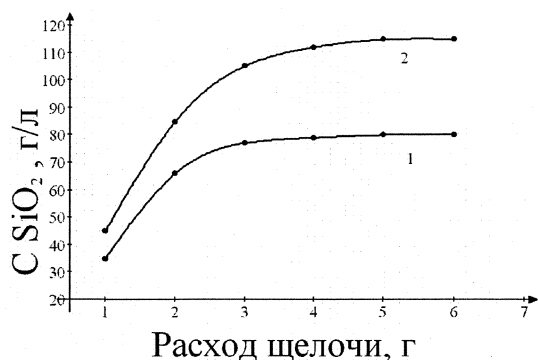


Рис. 1. Растворимость кремнезема в зависимости от расхода щелочи: 1 – необожженный диатомит; 2 – обоженный диатомит

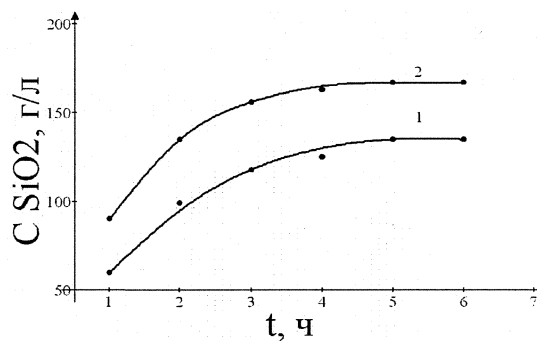


Рис. 2. Растворимость кремнезема в зависимости от времени гидротермальной обработки: 1 – необожженный диатомит; 2 – обоженный диатомит

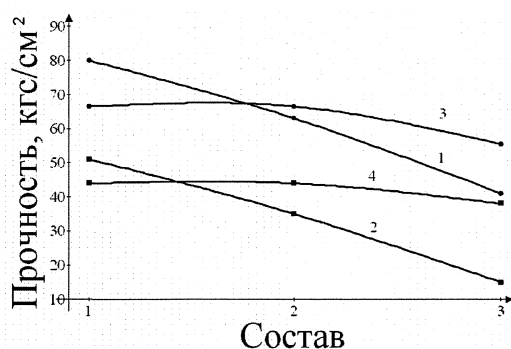


Рис. 3. Прочностные характеристики материала: 1, 3 – пределы прочности при изгибе и сжатии соответственно для материала на обоженном диатомите; 2, 4 – то же, на необоженном диатомите

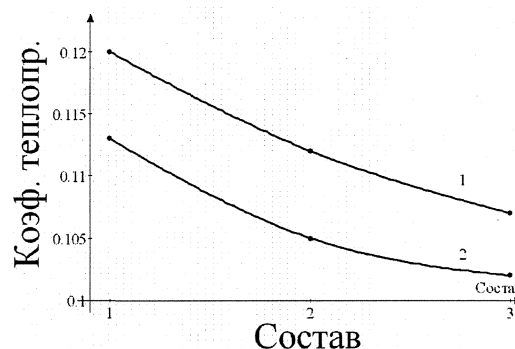


Рис. 4. Коэффициент теплопроводности: 1 – необожженный диатомит; 2 – обоженный диатомит

ве 15 % от массы стекла. Из полученной массы формируются изделия с небольшим уплотнением, твердеющие в дальнейшем при нормальных условиях в течение 6 часов. Далее следует распалубка и высушивание их до постоянной массы. На рис. 3 и 4 представлены механические и теплофизические характеристики материала. Составы 1, 2 и 3 соответствуют соотношению суспензии жидкого стекла к опилу 1:1,8; 1:2 и 1:2,2 соответственно.

Готовый материал аналогичен арболиту и может иметь как плотную, так и пористую структуру в зависимости от вида применяемых отходов деревообработки и степени уплотнения.

Также на основе суспензии жидкого стекла, полученной при гидротермальном выщелачивании диатомита, разрабатывается жароупорный бетон с пористым наполнителем. Необходимость разработки жароупорного бетона возникла в связи со сложностью доставки и высокой стоимостью элементов футеровки тепловых агрегатов. В результате предварительных исследований получен жароупорный бетон с пределами прочности при изгибе и сжатии 6,5 и 10 МПа соответственно. Температура применения до 1000 °С. В настоящее время проводятся исследования с целью улучшения физико-механических характеристик жароупорного бетона.

Таким образом, в результате исследования установлено:

1. Опаловые породы могут быть использованы как сырье для приготовления суспензии жидкого стекла, применяемого как местное вяжущее.

2. Получен стеновой материал, аналогичный арболиту, позволяющий утилизировать отходы деревообработки.

3. На основе суспензии жидкого стекла может быть получен жароупорный бетон, позволяющий использовать местные материалы, а также отходы некоторых производств.

Литература

- Иванов, Н.К. Структурообразование в системах на основе жидкого стекла и опаловых пород / Н.К. Иванов, С.С. Радаев, С.М. Шорохов // *Строительные материалы*. – 1997. – № 8. – С. 24.
- Иванов, Н.К. Энергосберегающая технология получения жидкого стекла и теплоизоляционных материалов из диатомитов и опок месторождений Тюменской и Свердловской областей / Н.К. Иванов, С.С. Радаев, С.М. Шорохов // *Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов*. – 1997. – № 3. – С. 3.
- Радаев, С.С. Применение опалового сырья в строительстве / С.С. Радаев, К.С. Иванов, Н.К. Иванов. – Тюмень: ТюмГАСУ, 2009 – 111 с.

Поступила в редакцию 25 февраля 2010 г.

О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ ПРОЦЕСС НЕЙТРАЛИЗАЦИИ БЕТОНА

П.А. Фёдоров, Б.Р. Анваров, Т.В. Латыпова, А.Р. Анваров, В.М. Латыпов

ON MATHEMATICAL RELATION DESCRIBING CONCRETE CARBONIZATION PROCESS

P.A. Fyodorov, B.R. Anvarov, T.V. Latypova, A.R. Anvarov, V.M. Latypov

Приводятся результаты экспериментальных исследований, проведенных с целью уточнения математических зависимостей, описывающих процесс нейтрализации бетона на примере среды углекислого газа.

Ключевые слова: железобетон, коррозия, эксплуатационная надежность, долговечность, нормативный расчетный срок эксплуатации.

In the article the results of the experiments carried out with the aim of clarification of mathematical relation describing a concrete carbonization process with the carbon dioxide shielded taken as an example are given.

Keywords: reinforced concrete, corrosion, operation reliability, durability, normative life.

Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций на территории РФ осуществляется по СНиП 2.03.11–85 «Защита строительных конструкций от коррозии». Однако в данном документе отсутствует нормативная методика оценки долговечности железобетонных конструкций, что связано со сложностью физико-химических процессов коррозии бетона и ненадежностью прогнозирования параметров эксплуатационной среды. Наиболее удобной в использовании расчетной моделью для применения в инженерных расчетах является один из результатов многочисленных исследований в области прогноза долговечности бетона или железобетона, а именно – расчетная зависимость глубины коррозионного поражения от времени эксплуатации конструкции $L=f(t)$.

Классическое решение, основанное на упрощении математического аппарата и схематизации физико-химических процессов коррозии бетона, имеет вид общепринятого в области долговечности железобетона «закона корня квадратного от времени»:

$$L = K\sqrt{t}. \quad (1)$$

Анализ современных предложений по совершенствованию расчетных моделей долговечности железобетона показывает практически полное отсутствие формул, удобных для инженерных расчетов. Однако построение математической модели коррозии железобетона для получения закономерности $L=f(t)$ с использованием современных численных методов, реализованных в прикладных программных математических пакетах, позволило авторам работы [1] получить выражение (2) с показателем степени n при корне, равном 3 (3). Не-

обходимо заметить, что при этом характер агрессивной среды не рассматривался (газ, жидкость), а целью решения было получение общего вида расчетной зависимости $L(t)$. Для учета особенностей среды в работе [1] предложено использовать в расчетной формуле коэффициенты условий работы m_i :

$$L = m_i A^{\sqrt[3]{t}}; \quad (2)$$

$$L = m_i A^{\sqrt[3]{t}}. \quad (3)$$

Для подтверждения, опровержения или оптимизации полученных расчетных моделей необходимо наличие серии экспериментальных точек. Однако в связи с большой длительностью проведения экспериментов (независимо от вида среды), большинство исследователей получали зависимость лишь по одной экспериментальной точке (глубине коррозионного поражения от времени) или в редком случае – по двум точкам, полученным в результате обследования железобетонных конструкций, а для дальнейших расчетов принимали функцию вида (1).

Единственными из известных экспериментальных данных по нескольким срокам испытаний на образцах в естественных условиях (при воздействии углекислого газа воздуха) являются данные Л.А. Вандаловской [2] для бетонов с различным водоцементным отношением (В/Ц). Из этих данных следует, что показатель степени n при корне может принимать значения 2,05...3,05. Исследователи Т. Isida и К. Маекава [3] приводят экспериментальные данные по глубине нейтрализации бетона с различным водоцементным отношением при 10%-ной концентрации углекислого газа CO_2 , из которых следует, что значение n в выражении (2)

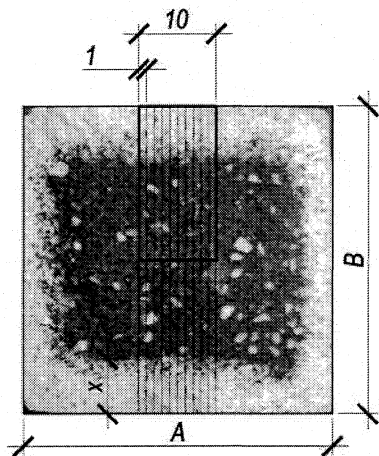
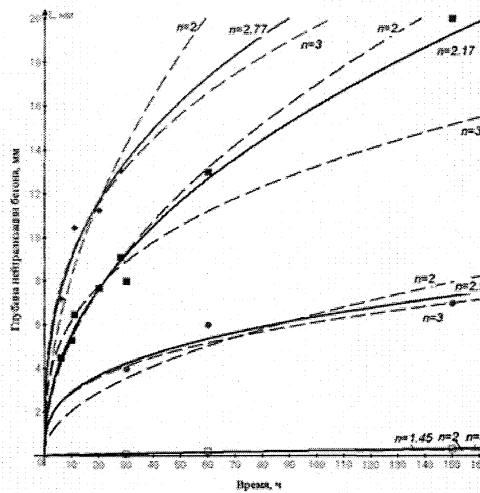


Рис. 1. Определение глубины нейтрализации бетона на макроснимке



- ◆ Цементно-песчаный раствор Ц:П=1:3, В/Ц=0,7
- Цементно-песчаный раствор Ц:П=1:3, В/Ц=0,55
- Цементно-песчаный раствор SIKA Monotop 612
- Цементно-песчаный раствор EMACO Nanocrete R4

Схема протекания процесса массопереноса

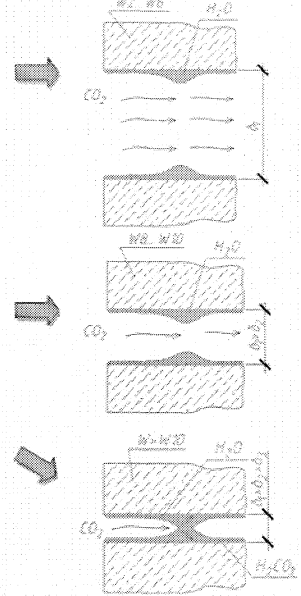


Рис. 2. Скорость нейтрализации образцов

Таблица 1

Результаты испытаний

Материал образца	Водосодержание по массе, %	Марка по водонепроницаемости	Фрагменты сколов образцов сделанные в определенный момент времени, ч			
			10	30	60	150
Цементно-песчаный раствор Ц:П=1:3, В/Ц=0,7	8.1%	W2				
Цементно-песчаный раствор Ц:П=1:3, В/Ц=0,55	5,6%	W4				
Цементно-песчаный раствор SIKA Monotop 612	3.9%	W10				
Цементно-песчаный раствор EMACO Nanocrete R4	2.5%	W16				

Таблица 2

Результаты расчета

Тип образца	Расчетные функции скорости нейтрализации раствора и статистический коэффициент детерминации								
	$L = A_n \sqrt[n]{t}$			$L = A_2 \sqrt[2]{t}$			$L = A_3 \sqrt[3]{t}$		
	A_n	n	R^2	A_2	n	R^2	A_3	n	R^2
Цементно-песчаный раствор Ц:П =1:3, В/Ц=0,7	4,00	2,77	0,928	2,60	2	0,743	4,30	3	0,926
Цементно-песчаный раствор Ц:П =1:3, В/Ц=0,55	1,95	2,17	0,985	1,70		0,981	2,90		0,852
Цементно-песчаный раствор SIKA Monotop 612	1,35	2,94	0,875	0,65		0,561	1,34		0,785
Цементно-песчаный раствор EMACO Nanocrete R4	0,01	1,45	0,935	0,025		0,925	0,05		0,749

изменяется в пределах 1,94...2,65. В целом анализ немногочисленных экспериментальных данных показал, что возможные значения показателя степени n в выражении (2) изменяются от 1,48 до 3,05.

С целью определения значений A и n в выражении (2) были проведены ускоренные испытания, согласно ГОСТ Р 52804–2007 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии», на модифицированной установке. Испытания проведены на образцах 40×40×160 мм в герметичной камере, с относительной влажностью 75±3 %, температурой среды 20±5 °С, концентрацией углекислого газа 4 %. Через 10, 30, 60 и 150 часов проводился скол по сечению образца с обработкой его раствором фенолфталеина. Глубина нейтрализации бетона в каждом сечении определялась по макроснимку (рис. 1) и рассчитывалась по результатам 20 измерений. Результаты экспериментов приведены в табл. 1 и на рис. 2, а результаты вычисленных значений A и n представлены в табл. 2. Из этих данных следует, что показатель степени n в выражении (2) при воздействии углекислого газа воздуха является величиной непостоянной и меняется в зависимости от плотности цементно-песчаного раствора. Это, по-видимому, связано с тем, что в бетонах повышенной плотности происходит закупорка пор влагой, выделяющейся в ходе карбони-

зации бетона, что кардинально меняет механизм процесса массопереноса (см. схему на рис. 2) за счет перехода диффузии газа CO₂ в диффузию H₂CO₃ в жидкой фазе.

Необходимо отметить, что полученные данные можно рассматривать как предварительные, обосновывающие необходимость проведения детальных экспериментальных исследований, в том числе в жидких агрессивных средах.

Литература

1. Анваров, А.Р. Учет химического взаимодействия при построении математических моделей коррозии бетона / А.Р. Анваров, Т.В. Латыпова, В.М. Латыпов // *Материалы междунар. конф. «Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве»*. – СПб., 2007. – С. 43–50.
2. Алексеев, С.Н. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде / С.Н. Алексеев, Н.К. Розенталь. – М.: Стройиздат, 1976. – 205 с.
3. Ishida, T. Theoretically identified strong coupling of carbonation rate and thermodynamic moisture states in micropores of concrete / T. Ishida, K. Maekawa and T. Kishimoto // *Journal of Advanced Concrete Technology*. – 2003. – № 2 – P. 91–126.

Поступила в редакцию 25 февраля 2010 г.

ГРАНУЛИРОВАННАЯ ГОРЯЧАЯ АСФАЛЬТОБЕТОННАЯ СМЕСЬ ДЛЯ РЕМОНТА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

В.С. Прокопец, С.Ф. Филатов, О.А. Рычкова

GRANULATED HOT-MIXED ASPHALT FOR ROAD CARPET REPAIRING

V.S. Prokopets, S.F. Filatov, O.A. Rychkova

Приведён способ получения гранулированных асфальтобетонных смесей путём их охлаждения непрерывным рыхлением. Рассмотрен процесс стеклования вязкого битума в определенных температурных интервалах. Исследовано влияние различных температур воздуха на процесс разжижения битума.

Ключевые слова: ремонтная смесь, гранулирование, асфальтобетонные смеси.

The mode of granulated road concrete mixes obtaining through their cooling by means of continuous loosening is given in the article. The process of vitrifying of the viscous bitumen within particular temperature range as well as influence of different air temperatures on the dilution bitumen process are analyzed.

Keywords: repairing mixture, granulation, asphalt mixes.

При ремонте покрытий в неблагоприятных погодных условиях традиционными смесями на основе битумов возникают проблемы удобоукладываемости, «приживаемости» и формирования материала в выбоине, а также долговечности отремонтированного покрытия.

Для решения этих проблем предлагается гранулировать горячую асфальтобетонную смесь.

Гранулирование связано с физическими и физико-химическими процессами, обеспечивающими формирование частиц определенного спектра, размеров, формы, необходимой структуры и физических свойств [1].

В дорожном строительстве используют гранулированное вяжущее (минеральный порошок + битум), полученное способом окатывания, которое в последующем вводят в разогретую крупнодисперсную минеральную часть смеси [2].

Гранулирование асфальтобетонной смеси становится возможным благодаря образованию гранул, что обусловлено переходом аморфного вещества из жидкого состояния в твердое и последующим стеклованием на поверхности минерального заполнителя битума в процессе охлаждения асфальтобетонной смеси.

Подобный переход называют структурным стеклованием, и он не является фазовым. При фазовом переходе происходит превращение одной неравновесной или менее равновесной системы в другую равновесную. При стекловании в процессе охлаждения происходит переход от равновесной структуры (жидкость) к неравновесной (стекло).

В исследованиях Б.Г. Печеного [3] был выяснен механизм превращения структуры в битумах

при температуре истинного раствора (T_n) и структурного состояния битумов ниже T_n .

В битуме при температуре 91 °С обнаруживается максимум диэлектрической проницаемости, при этой же температуре наблюдаются характерные для стеклования перегиб дилатограмм и максимум теплоемкости. Таким образом, в битуме при температуре 91 °С осуществляется переход, аналогичный переходу структуры из истинного раствора в дисперсный, причем образующаяся из асфальтенов дисперсная фаза является стеклообразной.

Согласно теории стеклования битумов, температура начала гранулирования асфальтобетонной смеси составляет 90...80 °С, а конца гранулирования 30...20 °С.

Для подтверждения этой теории проведены экспериментальные исследования. Для этого готовили мелкозернистую асфальтобетонную смесь на битуме БНД 90/130 и битуме БНД 60/90. Начальная температура смеси составляла 130 °С. Охлаждение смеси при непрерывном рыхлении производили при температуре 20 °С. Из гранулированной асфальтобетонной смеси по мере остывания изготавливали образцы-цилиндры. Результаты испытаний этих образцов показаны на рис. 1.

Из этого следует, что по мере остывания асфальтобетонной смеси в процессе гранулирования плотность образцов, изготовленных из этой смеси, снижается. Наиболее интенсивное снижение плотности образцов происходит при температуре смеси в интервале от 85 до 32 °С. Очевидно, при этих температурах происходит активное стеклование битума. Снижение плотности материала обусловлено потерей удобоукладываемости смеси. На при-

мере горячей мелкозернистой асфальтобетонной смеси на основе известнякового или гранитного щебня на битуме БНД 90/130 изучено влияние температуры окружающей среды на время гранулирования. Установлено (рис. 2), что длительность гранулирования смесей, как на гранитном, так и на известняковом щебне, имеет линейную зависимость от температуры окружающего воздуха.

Одним из возможных путей направленного регулирования процессов структурообразования дисперсной структуры битумов является их пластификация (разжижение) углеводородными фракциями [4].

Особенность взаимодействия разжижителя с поверхностью гранул асфальтобетона заключается в том, что зерна минерального материала уже покрыты битумом. Разжижитель пластифицирует битум за счет диффузии легких углеводородов в пленки битума. В результате размягчается внешняя оболочка битумной пленки, снижается ее вязкость и уменьшается вероятность слипания гранул, покрытых разжиженным битумом. Такая смесь способна длительное время после перемешивания оставаться в рыхлом состоянии. Эта способность смеси объясняется наличием тонкой битумной пленки на гранулах, вследствие чего микроструктурные коагуляционные связи в смеси настолько слабы, что небольшое усилие приводит к их разрушению. Длительность сохранения коагу-

ляционной структуры, а также низкая начальная прочность коагуляционных битумных связей позволит увеличить время на укладку смеси до уплотнения и обеспечить качество уплотнения смеси. При введении разжижителя наряду с адсорбционными процессами будет наблюдаться капиллярная фильтрация масляных компонентов разжиженного битума. В результате вязкость и когезия битумной пленки несколько повышается, а прочность коагуляционной связи возрастает.

Свободный битум заполняет межзерновое пространство, а на зернах остается пленка структурированного битума, при этом коагуляционные связи упрочняются, а прочность всей системы возрастает.

Таким образом, можно полагать, что благодаря введению разжижителя на гранулах образуются тонкие пленки структурированного битума, которые обладают повышенной прочностью.

Экспериментальные исследования (рис. 3) показали, что необходимую вязкость можно получить, если в битум БНД 90/130 ввести керосин в количестве: 12 % при температуре воздуха +10 °С; 18 % при температуре +5 °С, 24 % при температуре 0 °С; 27 % при температуре -5 °С и 35 % при температуре -0 °С.

Процессы структурообразования в конгломерате ремонтного материала связаны с удалением разжижителя путем частичного или полного испа-

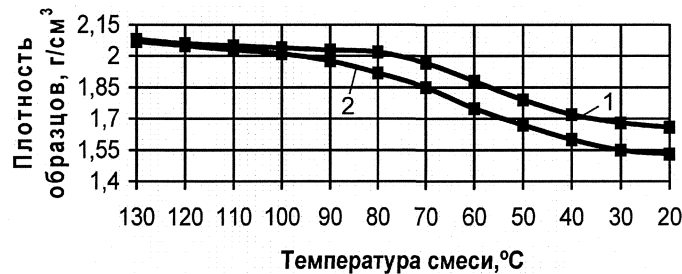


Рис. 1. Влияние температуры гранулированной смеси в процессе остывания на плотность образцов, изготовленных из смеси на основе битумов: 1- БНД 90/130; 2- БНД 60/90



1 – щебень гранитный; 2 – щебень известняковый

Рис. 2. Зависимость времени гранулирования асфальтобетонной смеси от температуры воздуха

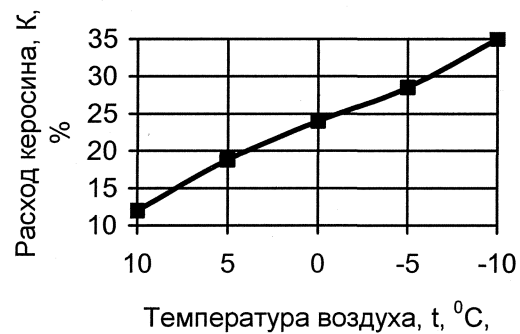


Рис. 3. Расход керосина в зависимости от температуры воздуха для получения вязкости битума СГ 40/70

рения легких фракций и диффузии в поры минерального материала, формированием структуры, близкой к структуре исходного вязкого битума.

По мере испарения легких углеводородов из холодной асфальтобетонной смеси, уложенной в поврежденное место на покрытии, происходит набор необходимой прочности ремонтного материала.

Выполненные на базе ООО «Стройдорсиб» г. Куйбышева Новосибирской области опытно-производственные работы по приготовлению гранулированной асфальтобетонной смеси и ее использованию для ремонта асфальтобетонных покрытий показали высокую эффективность разработанного способа.

Выводы

1. Установлено, в процессе гранулирования асфальтобетонной смеси плотность образцов материала снижается наиболее интенсивно при температуре смеси в интервале от 85 до 32 °С.

2. Определено, что длительность гранулирования смесей как на гранитном, так и на известняковом щебне имеет линейную зависимость от температуры окружающего воздуха.

3. Экспериментальными исследованиями показано, что необходимую вязкость можно получить при введении в битум керосина в количестве, определяемом температурой окружающего воздуха.

4. Выполненные опытно-производственные работы по приготовлению гранулированной асфальтобетонной смеси и ее использования для ремонта асфальтобетонных покрытий показали высокую эффективность разработанного способа.

Литература

1. Классен, П.В. Гранулирование / П.В. Классен, И.Г. Гришаев, И.П. Шомин. – М.: Химия, 1991. – 240 с.

2. Пат. 2182136 Российская Федерация МПК⁷ С 04 В 26/26 Способ получения асфальтобетонной смеси / В.М. Готовцев, А.И. Зайцев, И.В. Галицкий, Д.В. Баскаков // ЯГТУ. – № 2000105527/03; заявл. 06.03.2000; опубл. 10.05.2002.

3. Печень, Б.Г. Битумы и битумные композиции / Б.Г. Печень. – М.: Химия, 1990. – 256 с.

4. Колбановская, А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов. – М.: Транспорт, 1973. – 243 с.

Поступила в редакцию 19 февраля 2010 г.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ПРОНИКАЮЩЕЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ПОРИСТОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Н.Г. Бровкина, Г.И. Овчаренко, В.Г. Быков, М.П. Изосимов

INFLUENCE OF PENETRATING WATERPROOFING SALTS ON THE PHASE COMPOSITION AND SPONDINESS OF CEMENT STONE

N.G. Brovkina, G.I. Ovcharenko, V.G. Bykov, M.P. Izosimov

С помощью рентгенофазового, дифференциально-термического анализов и порометрии рассматривается влияние солей проникающей гидроизоляции на фазовый состав и пористость цементного камня.

Ключевые слова: гидроизоляция проникающего действия, фазообразование, пористость цементного камня.

Using the X-ray phase analysis, differential thermal analysis and porometry the influence of the penetrating waterproofing salts on the phase composition and spondiness of cement stone are analyzed.

Keywords: penetrating waterproofing, phase formation, cement stone spondiness.

В настоящее время в строительстве применяется большое количество гидроизоляционных материалов, различных по механизму действия. Особый класс представляет так называемая гидроизоляция проникающего действия, при использовании которой водонепроницаемость бетона достигается не только за счет дополнительного защитного покрытия из цементного камня или раствора на его поверхности, но и в результате уплотнения его внутренней структуры.

Гидроизоляционные композиции проникающего действия в своем составе, как правило, содержат цемент, песок и комплекс солей. Исследование данных композиций позволило установить, что основную долю в повышение водонепроницаемости бетона вносит солевая составляющая композиции. Так, при обработке комплексом солей водонепроницаемость контрольного образца увеличивается на 78 %, а при использовании твердой нерастворимой гидроизоляционной части («песок + цемент») – на 43 % от значения водонепроницаемости образца, обработанного полным составом проникающей гидроизоляции (рис. 1). Полученные результаты подтверждают эффективность химических добавок в гидроизоляционных составах. Поэтому в дальнейшем мы исследовали влияние только солевой составляющей на фазовый состав и пористость цементного камня.

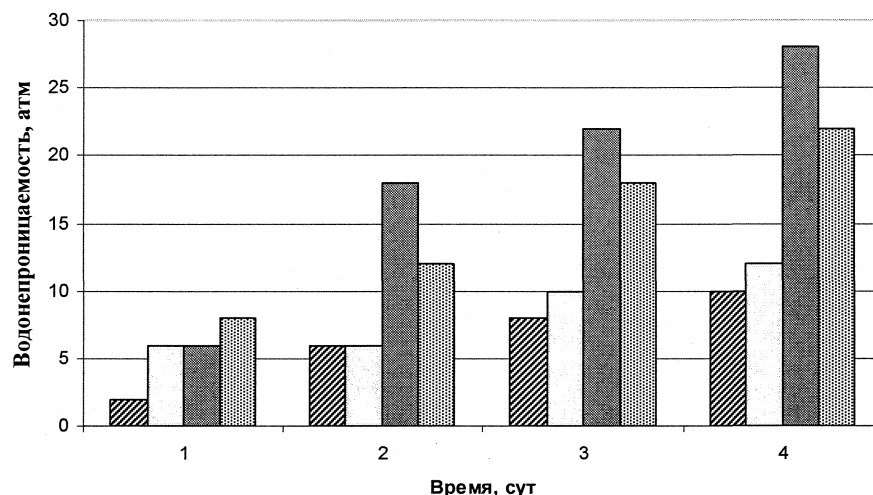
Для выявления механизма формирования фазового состава цементного камня в присутствии солей проникающей гидроизоляции были проведены рентгенофазовый (РФА) и дифференциально-термический анализы (ДТА), а также ртутная порометрия контрольного бесолевого цементного камня и цементного камня, обработанного отдель-

но хлоридом кальция, нитратом натрия, сульфатом натрия, а также сульфатом алюминия, не входящим в известные составы проникающей гидроизоляции [1]. Образцы пропитывали растворами солей после твердения камня в течение 3 месяцев. В качестве контрольного образца рассматривался цементный камень на основе портландцемента ПЦ 500-Д0 Искитимского цементного завода.

РФА (рис. 2) показывает, что пропитка камня нитратом натрия NaNO_3 приводит к более активному образованию этtringита (AFt) и моногидросульфатоалюмината кальция (AFm). Об этом свидетельствует повышение интенсивности линий с межплоскостными расстояниями 9,77; 5,62; 4,69; 3,88; 3,48 Å для AFt и 8,98; 4,71; 2,88; 2,45; 1,80; 1,63 Å для AFm [2].

Заметно снижение количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (d/n , Å: 4,93; 2,63; 1,93). Кривые комплексных термограмм цементного камня, обработанного NaNO_3 (рис. 3), также показывают большее количество гидросульфатоалюминатов AFt и AFm фаз в области 135 и 199 °С в сравнении с термограммами цементного камня без добавок. Эндоэффекты при 135, 275, 597 °С отражают ступенчатую дегидратацию гидронитроалюмината кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, образовавшегося в результате реакции между гидроалюминатом кальция, гидроксидом кальция и нитратом натрия [3]. Уменьшается площадь эндоэффекта при 486 °С, отражающего дегидратацию $\text{Ca}(\text{OH})_2$, об этом свидетельствует и уменьшение потери массы при данном эффекте с 3,01 % до 2,27 %.

На рентгенограммах цементного камня, пропитанного раствором хлорида кальция CaCl_2 , выявляются новые фазы: моногидрохлорид алю-



▨ Контроль □ Растворная часть (П+ПЦ) ■ Кальматрон ▤ Раствор солей Кальматрона

Рис. 1. Водопроницаемость цементно-песчаного раствора при обработке его композицией-аналогом «Кальматрона» и его составными частями: 1 – 1 сутки; 2 – 3 сутки; 3 – 7 сутки; 4 – 28 сутки

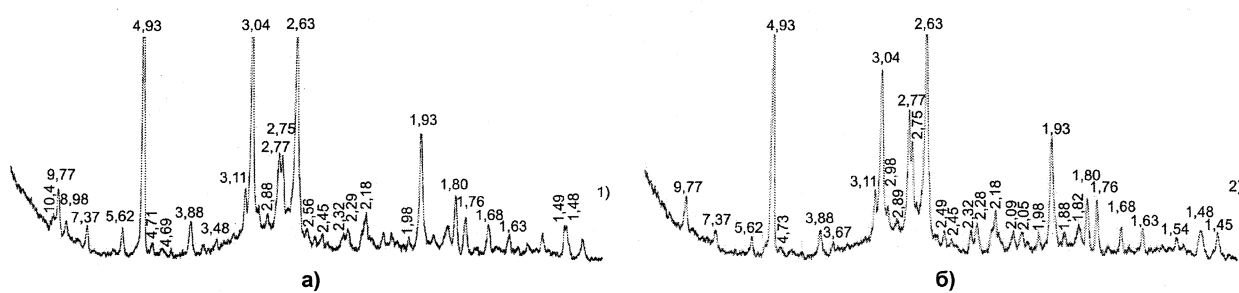


Рис. 2. Рентгенограммы цементного камня, исходного (б) и обработанного раствором нитрата натрия NaNO_3 (а) после предварительного твердения в течение 3 месяцев

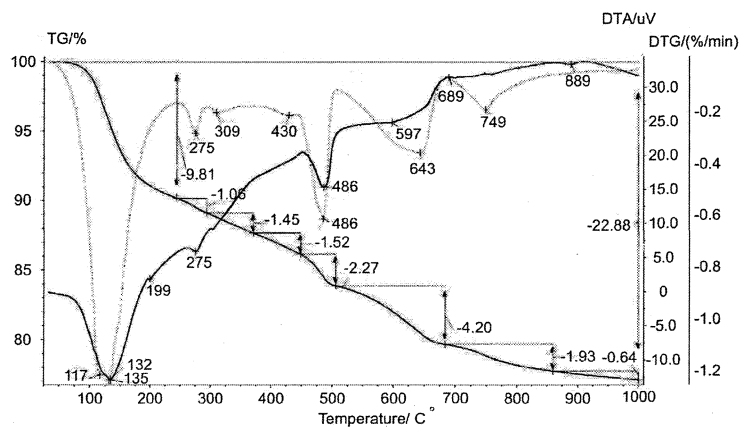


Рис. 3. Дериватограмма цементного камня, обработанного раствором нитрата натрия NaNO_3 , после предварительного твердения в течение 3 месяцев

мината кальция $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCl}_2\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (d/n , Å: 7,89; 2,7; 2,56; 2,32) и высокоосновная форма оксихлорида кальция $3\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot\text{CaCl}_2\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (d/n , Å: 2,71; 2,56; 2,41; 2,16) [3]. Добавка CaCl_2 способствует увеличению в образцах количества высокоосновной формы гидросульфалюмината кальция ГСАК-3 (d/n , Å: 9,77; 5,62; 3,88; 2,56). Вместе с этим цементный камень с CaCl_2 отличается от контрольного цементного состава сниженным содер-

жением $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (d/n , Å: 4,93; 3,11; 2,63; 1,93). Данные РФА подтверждает дифференциально-термическое исследование. Наличие эндоэффекта при 323 °С свидетельствует о том, что обработка цементного камня раствором CaCl_2 приводит к образованию $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCl}_2\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ [3]. Анализ кривых дериватограмм показывает большее количество гидросульфалюминатов кальция в области 140 °С. Сокращается площадь эндоэффекта при

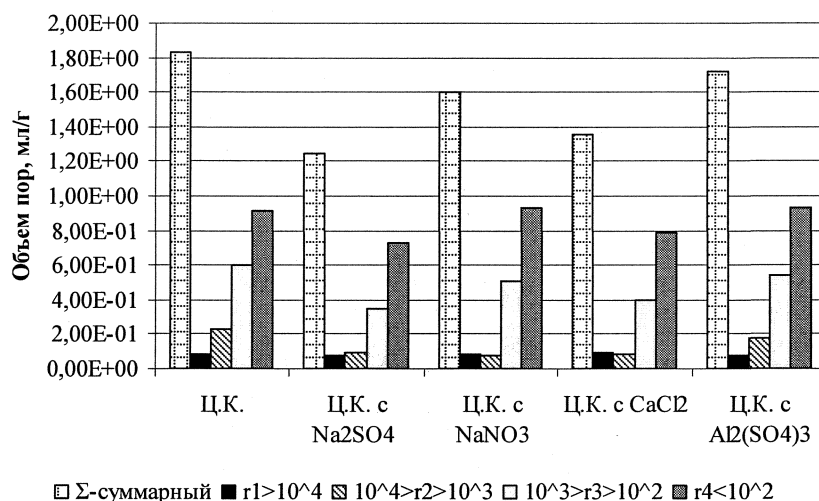


Рис. 4. Распределение пор по размерам в образцах цементного камня, обработанных растворами солей Na₂SO₄, NaNO₃, CaCl₂, Al₂(SO₄)₃

490 °С, что свидетельствует об уменьшении содержания Ca(OH)₂.

При обработке цементного камня раствором сульфата натрия Na₂SO₄, в результате обменной реакции последнего с Ca(OH)₂ образуется дополнительное количество гипса CaSO₄·2H₂O, что приводит к увеличению содержания этtringита (*dln*, Å: 9,77; 5,62; 3,88; 3,60). Повышение количества ГСАК-3 отражают и данные ДТА: увеличивается площадь и потеря массы эндозффекта при 141 °С. Наличие Na₂SO₄ уменьшает содержание Ca(OH)₂. Площадь эндозффекта при 500 °С уменьшается, как и потеря массы, которая снижается в сравнении с контрольным значением на данном эфффекте с 3,01 % до 2,68 %.

Также РФА фиксирует дополнительное образование этtringита с межплоскостными расстояниями 9,77; 5,62; 3,88; 4,69; 2,56 Å при обработке цементных образцов раствором сульфата алюминия Al₂(SO₄)₃ [1].

Данные РФА и ДТА свидетельствуют о том, что пропитка цементного камня растворами солей CaCl₂, NaNO₃, Na₂SO₄, а также Al₂(SO₄)₃ приводит к их взаимодействию с составляющими цементного камня с образованием, главным образом, различных AFt и AFm фаз:

- 1) Al₂(SO₄)₃ + Ca(OH)₂ + H₂O →
→ C₃A·3CaSO₄·32H₂O;
- 2) C₄AH₁₃₋₁₉ + CaCl₂ + H₂O →
→ C₃A·CaCl₂·10H₂O + Ca(OH)₂·CaCl₂·12H₂O;
- 3) C₄AH₁₃₋₁₉ + NaNO₃ + Ca(OH)₂ + H₂O →
→ C₃A·Ca(NO₃)₂·10H₂O + NaOH;
- 4) C₄AH₁₃₋₁₉ + Na₂SO₄ + Ca(OH)₂ + H₂O →
→ C₃A·3CaSO₄·32H₂O + NaOH.

Наличие дополнительных новообразований в уже затвердевшем камне должно снижать его по-

ристость. Для подтверждения этого был проведен анализ ртутной порометрии образцов, пропитанных указанными выше солями. Согласно данным порометрии (рис. 4), суммарная пористость образцов, обработанных растворами солей, уменьшается. При этом происходит существенное сокращение количества пор размером 10⁴ > r₂ > 10³ Å, пор капиллярного характера, располагающихся между малогидратированными частицами цемента, а также в массе кристаллизующихся новообразований. Объем пор радиусом 1000 Å (100 нм) – 10000 Å (1000 нм) уменьшается до 60–65 %. Заметно снижение (до 40 %) микропор 10³ > r₃ > 10² Å, возникающих между отдельными кристаллами гидратов и их сростками в массе новообразований.

Таким образом, уплотнение структуры цементного камня в бетоне при пропитке его растворами солей проникающей гидроизоляции происходит из-за обменных реакций с образованием большего количества AFt и AFm фаз. При их образовании снижается размер и объем пор, что приводит к увеличению водонепроницаемости цементного камня.

Литература

1. Овчаренко, Г.И. Исследования гидроизоляционных систем проникающего действия / Г.И. Овчаренко, Н.Г. Бровкина // Кровельные и изоляционные материалы. – 2008. – № 6. – С. 34–36.
2. Горшков, В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
3. Ратинов, В.Б. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.

Поступила в редакцию 17 февраля 2010 г.

ВЛИЯНИЕ ДОМЕННОГО ШЛАКА НА КАЧЕСТВО ЦЕМЕНТА ПО ГОСТ 31108–2003

Ф.Л. Капустин, Д.В. Рагозин, А.А. Кузнецов, И.С. Семериков, А.Ф. Капустин

INFLUENCE OF THE BLAST-FURNACE SLAG ON CONCRETE QUALITY (GOST 31108–2003)

F.L. Kapustin, D.V. Ragozin, A.A. Kuznetsov, I.S. Semerikov, A.F. Kapustin

Рассмотрено влияние количества доменного гранулированного шлака на физико-механические свойства и коррозионную стойкость цементов опытно-промышленного помола на ЗАО «Невьянский цементник». Показано, что полученные портландцементы по составу и свойствам соответствуют требованиям ГОСТ 31108–2003.

Ключевые слова: портландцемент, минеральная добавка, доменный гранулированный шлак.

Influence of the granulated blast-furnace slag quantity on physical and mechanical properties and corrosion stability of cements of experimental-industrial milling at the ЗАО "Nevyansky Tsementnik" (Close Joint-Stock Company "Nevyansk Cement Plant") is analyzed. It is proved that the Portland cements satisfy the GOST 31108–2003 requirements on their composition and properties.

Keywords: portland cement, mineral supplement, granulated blast-furnace slag.

Цементные заводы России в качестве минеральной добавки при помоле цементов в основном применяют доменные гранулированные шлаки (ДГШ). Качество металлургических шлаков существенно влияет на вещественный состав и свойства цементов. В соответствии с разработанными рекомендациями по содержанию основного компонента и тонкости помола, направленными на выпуск цементов со свойствами по ГОСТ 31108–2003 [1], на ЗАО «Невьянский цементник» были проведены опытные помолы цементов и определены их химические показатели и физико-механические характеристики по ГОСТ 310.1-3–76, ГОСТ 310.4–81 и ГОСТ 30744–2001. Количество ДГШ ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (ТУ 14-102-184-99) соответствовало требованиям по вещественному составу цементов трех типов ЦЕМ I, ЦЕМ II/A-Ш и ЦЕМ II/B-Ш (табл. 1).

В испытаниях использовали клинкер ($KH=0,92$, $n=2,07$ и $p=1,25$) с содержанием C_3S – 60,8 %, C_2S – 14,7 %, C_3A – 7,4 %, C_4AF – 13,9 %, свободного CaO – 0,29 %, нерастворимого остатка – 0,26 %.

Для регулирования сроков схватывания цементов использовали гипсоангидритовый камень Ергачинского месторождения следующего состава: $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – 36,5 % и $CaSO_4$ – 60,0 %.

В целом химические характеристики всех трех типов цементов соответствовали требованиям ГОСТ 31108–2003: количество хлорид-иона составляло менее 0,10 %, потери массы при прокаливании и содержание нерастворимого остатка не превышали 5 %. Однако увеличение количества шлака до 27 % привело к повышению содержания нерастворимого остатка в цементе до 5,82 %.

Установлено, что увеличение количества ДГШ в составе цемента уменьшает тонкость помола, повышает водопотребность и удлиняет сроки схватывания, уменьшает прочность при изгибе и сжатии вяжущего при нормальном твердении и после пропаривания (табл. 2). При этом практически неизменной остается удельная поверхность цемента. По физико-механическим свойствам все цементы опытных партий соответствуют требованиям ГОСТ 10178–85. По количеству ДГШ и прочности через

Таблица 1

Химические характеристики портландцементов

Номер партии	Содержание шлака, мас. %	Содержание SO_3 , мас. %	Потери массы при прокаливании, мас. %	Нерастворимый остаток, мас. %	Содержание хлорид-иона Cl^- , мас. %
20-оп	4,3	2,30	0,38	3,52	0,084
23-оп	17,6	2,74	0,53	4,26	0,057
16-оп	26,8	2,95	0,66	5,82	0,047
По ГОСТ 31108–2003	–	$\leq 3,5$	$\leq 5,0$	$\leq 5,0$	$\leq 0,10$

Таблица 2

Физико-механические испытания опытных цементов по ГОСТ 310.1-3–76 и ГОСТ 310.4–81

№ пробы	Тонкость помола, мас. %	Удельная поверхность, м ² /кг	НГ, мас. %	Сроки схватывания, ч : мин		Предел прочности, МПа, через, сут						Марка цемента
						нормальное твердение				ТВО		
						изгиб		сжатие		изгиб	сжатие	
						3	28	3	28	1	1	
20-оп	4,7	370	23,2	2 : 35	3 : 10	3,56	7,67	23,4	54,3	5,11	32,4	ПЦ500-Д5
23-оп	5,5	358	24,2	2 : 35	3 : 20	2,92	7,29	18,6	44,6	5,34	29,2	ПЦ400-Д20
16-оп	4,5	374	25,0	2 : 55	3 : 35	2,70	7,19	18,0	42,1	4,90	25,6	ШПЦ400

28 суток нормального твердения цемент партии № 20-оп является портландцементом ПЦ500-Д5, цемент партии № 23-оп – портландцементом ПЦ400-Д20, цемент опытной партии № 16-оп является шлакопортландцементом ШПЦ400. Все исследованные цементы опытного помола по эффективности пропаривания относятся к I группе.

Испытания данных цементов по ГОСТ 30744–2001 показали, что по количеству ДГШ все они являются портландцементами с физико-механическими свойствами, соответствующими требованиям ГОСТ 31108–2003 (табл. 3). Цемент опытной партии № 20-оп, содержащий в качестве вспомогательного компонента ДГШ в количестве 4,3 %, относится к типу ЦЕМ I с классом прочности 42,5; цемент партии № 23-оп, содержащий в качестве основной минеральной добавки ДГШ в количестве 17,6 %, имеет тип ЦЕМ II/A-III и класс прочности 32,5; цемент № 16-оп с 26,8 % ДГШ в качестве основного компонента относится к типу ЦЕМ II/B-III 32,5Н. Портландцементы на основе клинкера ЗАО «Невьянский цементник» с добавкой ДГШ являются нормальнотвердеющими и надежно достигают соответствующих классов прочности 42,5 и 32,5, так как прочность на сжатие через 2, 7 и 28 суток соответствует максимальному уровню требований.

Для цементов опытных партий был рассчитан переходный коэффициент k по прочности в 28-суточном возрасте при испытании по ГОСТ 30744–2001 и ГОСТ 310.4–81 (табл. 4). Установлено, что с увеличением количества ДГШ от 4,3 до 26,8 % коэффициент корреляции уменьшается от 1,15 до 0,97. Таким образом, выпуск цементов с добавкой ДГШ ОАО «НТМК» со свойствами по ГОСТ 31108–2003 на ЗАО «Невьянский цементник» с учетом надежности достижения нормируемых показателей прочности обеспечивается следующим ассортиментом цементов:

ПЦ500-Д5 ГОСТ 10178–85 – ЦЕМ I 42,5Н ГОСТ 31108–2003;

ПЦ400-Д20 ГОСТ 10178–85 – ЦЕМ II/A-III 32,5Н ГОСТ 31108–2003;

ШПЦ400 ГОСТ 10178–85 – ЦЕМ II/B-III 32,5Н ГОСТ 31108–2003.

Коррозионную стойкость опытных цементов определяли по ГОСТ 27677–88 в следующих агрессивных средах: в дистиллированной воде (коррозия выщелачивания); в 5 %-ном растворе MgSO₄ (магнезиально-сульфатная коррозия); в 3 %-ном растворе Na₂SO₄ (сульфатная коррозия); в растворе H₂SO₄ с pH=4,0 (кислотная коррозия). Продолжительность испытаний составляла 6 месяцев. Коррозионностойкими считали цементы, имеющие

Таблица 3

Физико-механические испытания цемента опытной наработки по ГОСТ 30744–2001

Номер пробы	Равномерность изменения объема (расширение)	Начало схватывания, мин	Предел прочности, МПа, при, через, сут						Тип и класс прочности цемента
			изгибе			сжатии			
			2	7	28	2	7	28	
20-оп	1	155	3,22	–	8,12	20,6	–	62,2	ЦЕМ I 42,5Н
23-оп	2	155	–	3,63	6,72	–	24,6	46,5	ЦЕМ II/A-III 32,5Н
16-оп	0	175	–	2,93	6,32	–	20,6	41,0	ЦЕМ II/B-III 32,5Н

Таблица 4

Влияние количества доменного шлака на прочность и коэффициент корреляции портландцементов

Номер партии	Тип и класс прочности цемента	Содержание ДГШ, мас. %	Предел прочности при сжатии, МПа, через 28 сут		k
			ГОСТ 310.4–81	ГОСТ 30744–2001	
20-оп	ЦЕМ I 42,5Н	4,3	54,3	62,2	1,15
23-оп	ЦЕМ II/A-III 32,5Н	17,6	44,6	46,5	1,04
16-оп	ЦЕМ II/B-III 32,5Н	26,8	42,1	41,0	0,97

Коррозионная стойкость портландцементов

Условия твердения	Тип цемента					
	ЦЕМ I 42,5Н		ЦЕМ II/A-III 32,5Н		ЦЕМ II/B-III 32,5Н	
	$R_{изг}$, МПа	$K_c^{изг}$	$R_{изг}$, МПа	$K_c^{изг}$	$R_{изг}$, МПа	$K_c^{изг}$
Вода питьевая (контрольный)	5,36	–	6,40	–	7,49	–
Вода дистиллированная	5,54	1,03	5,30	0,83	6,64	0,89
Раствор Na_2SO_4	5,67	1,06	4,75	0,74	3,90	0,52
Раствор H_2SO_4	6,15	1,15	4,51	0,71	4,02	0,54
Раствор $MgSO_4$	3,77	0,70	5,06	0,79	6,03	0,81

коэффициент химической стойкости, рассчитанный по прочности при изгибе, не менее 0,80. Результаты их испытаний на прочность и рассчитанный коэффициент коррозионной стойкости приведены в табл. 5.

Установлено, что при длительном хранении в питьевой и дистиллированной воде, а также в растворе сульфата натрия, на внешней поверхности всех цементных образцов отсутствуют какие-либо видимые изменения (разрушения), цвет образцов серый. При хранении их в растворе серной кислоты отмечается разрушение поверхностных слоев цементного раствора. Известно, что при взаимодействии кислот с продуктами гидратации и твердения цемента образуются их кальциевые соли и аморфные массы $SiO_2 \cdot nH_2O$, $Al(OH)_3$ и $Fe(OH)_3$. По-видимому, в нашем случае при взаимодействии серной кислоты с продуктами гидратации цементов образуется двуводный сульфат кальция и гидроксид железа, на что указывает изменение цвета поверхности цементного камня до коричневого.

Несколько другую картину наблюдали у цементных образцов, хранившихся в растворе сульфата магния. Их поверхность была шероховатой, покрыта тонким плотным налетом белого цвета, углы и ребра образцов разрушены. С увеличением количества ДГШ в цементе коррозионное воздействие раствора $MgSO_4$ уменьшается. Из всех исследуемых агрессивных сред наиболее сильно воздействует на цементы ЗАО «Невьянский цементник» сульфат магния, вызывая магниезольно-сульфатную коррозию, которая более разрушительна, чем чисто сульфатная и магниезольная коррозия [2].

Анализ прочностных характеристик цементных образцов показал, что с увеличением количества ДГШ коррозионная стойкость портландцементов уменьшается, особенно под действием растворов серной кислоты и сульфата натрия (см. табл. 5). Коэффициент химической стойкости (рассчитанный по прочности при изгибе) цемента ЦЕМ I 42,5Н в дистиллированной воде, растворах Na_2SO_4 и H_2SO_4 , соответственно на 16, 104 и 121 % выше, чем у цемента типа ЦЕМ II/B-III 32,5Н. Наоборот, в растворе сульфата магния стойкость цемента повышается с увеличением количества добавки ДГШ. Установлено, что цементы типа ЦЕМ I 42,5Н, ЦЕМ II/A-III 32,5Н и ЦЕМ II/B-III 32,5Н являются стойкими к коррозии выщелачиванием, и только цемент ЦЕМ I 42,5Н – к сульфатной и кислотной коррозии. В указанных агрессивных средах коэффициент коррозионной стойкости более 0,8. В отличие от других типов портландцемент ЦЕМ II/B-III 32,5Н стоек против магниезольно-сульфатной коррозии.

Таким образом, увеличение количества ДГШ в цементах на основе клинкера ЗАО «Невьянский цементник» уменьшает их стойкость к выщелачиванию, сульфатной и кислотной коррозии, повышает стойкость к магниезольно-сульфатной коррозии.

Литература

- ГОСТ 31108–2003. Цементы общестроительные. Технические условия. – М.: ФГУП ЦПП. – 2004. – 20 с.
- Москвин, В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузев. – М.: Стройиздат. – 1980. – 536 с.

Поступила в редакцию 23 февраля 2010 г.

ВЛИЯНИЕ ПРЕССОВАНИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ФОСФОГИПСА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ

М.А. Михеенков

INFLUENCE OF PRESSING ON PHOSPHOGYPSUM STRUCTURAL CHANGES AND DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES OF OBTAINING OF MATRIX MATERIALS AND CONSTRUCTIONAL PRODUCTS ON ITS BASIS

М.А. Mikheenkov

Представлены результаты разработки технологии производства искусственного гипсового камня и минеральных вяжущих веществ на его основе. Показаны особенности технологии и оборудования для ее реализации.

Ключевые слова: фосфогипс, искусственный гипсовый камень, регулятор схватывания цемента, минеральные вяжущие вещества.

Results of development of the production technology of the artificial gypsum stone and mineral matrix materials on its basis are given. The technological and equipment peculiarities for its implementation are shown.

Keywords: phosphogypsum, artificial gypsum stone, cement set regulator, mineral matrix materials.

Фосфогипс является крупнотоннажным техногенным отходом, образующимся при переработке апатитовых и фосфоритовых руд в фосфорную кислоту. В настоящее время практически весь образующийся фосфогипс вывозится в отвал, создавая нагрузку на окружающую среду. Наиболее перспективным направлением сокращения выбросов фосфогипса в окружающее пространство и переработки существующих отвалов является переработка фосфогипса в продукты, потребляемые строительной индустрией, в частности, гипсовый камень и минеральные вяжущие вещества.

Работы в направлениях прямой переработки фосфогипса в минеральные вяжущие вещества и гипсовый камень проводились многочисленными исследователями, но, как правило, эти два направления были выделены в самостоятельные области исследований и решались по отдельности. При этом, предложенные способы прямой переработки фосфогипса в гипсовые вяжущие не позволяли получить гипс с высокими физико-механическими свойствами и низкими энергозатратами, а окускование фосфогипса с использованием в основном методов грануляции с введением различных вяжущих веществ не позволяло мгновенно получить прочный камень, пригодный для дальнейшей транспортировки.

Нами предложено решение данной задачи в

комплексе, то есть производство на первом этапе искусственного гипсового камня методом прессования, обеспечивающего мгновенное получение камня с высокой прочностью, который можно использовать как в качестве регулятора скорости схватывания и минерализатора портландцемента, так и для производства гипсовых вяжущих веществ. Такой подход на стадии производства искусственного гипсового камня позволяет придать ему комплекс физико-механических свойств, необходимых для решения конкретной технологической задачи.

Для достижения поставленной цели изучалось влияние давления прессования на структурные изменения природного гипса и фосфогипсов, полученных по полугидратной и дигидратной технологиям. Было установлено, что при прессовании гипсов при усилиях, превышающих прочность кристаллогидратов, в зависимости от давления прессования, в гипсах наблюдаются смещения пиков эндозффектов и изменение площади эндозффектов по данным дифференциально-термогравиметрического анализа (ДТГА), изменение интенсивностей инфракрасного (ИК) и рентгеновского спектров порошкограмм и величины рН их водной вытяжки.

На рис. 1 приведены сравнительные данные относительных интенсивностей пика рентгенов-

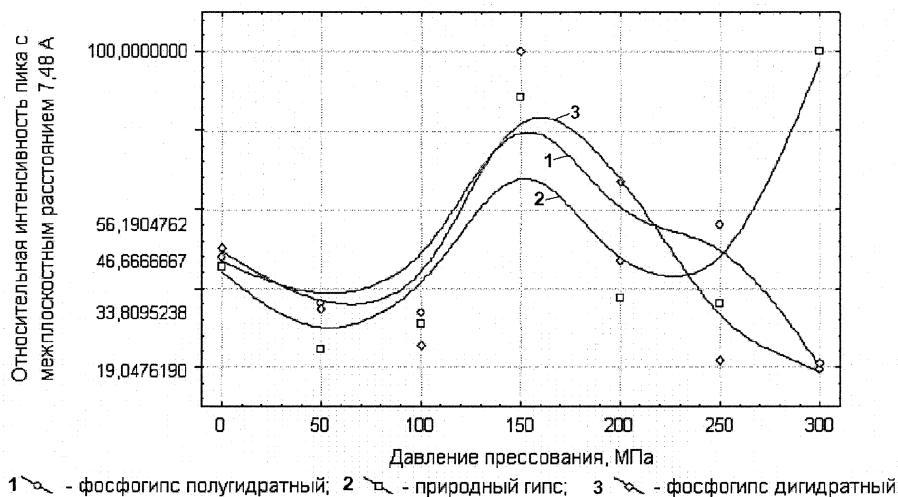


Рис. 1. Влияние давления прессования на интенсивность пика рентгеновского спектра прессованных гипсов с $d = 7,48 \text{ \AA}$

ского спектра прессованных гипсов с межплоскостным расстоянием $7,48 \text{ \AA}$, соответствующем кристаллографическому направлению зоны спайности гипса 010, в котором располагается кристаллогидратная вода.

Объяснить изменение интенсивностей пиков рентгеновского спектра измельчением кристаллогидратов невозможно, так как уменьшение размеров кристаллогидратов происходит монотонно, и наиболее яркие рентгеновские пики должен иметь исходный гипс, но, как видно из приведенных данных, это не так. Аналогичный характер циклических изменений показали и данные рентгеноструктурного анализа, ДТГА, ИК-спектроскопии и рН-анализа.

Анализ большого количества экспериментальных данных позволил выявить закономерности и описать поведение гипсов при прессовании. По нашему мнению, наблюдаемые эффекты связаны с накоплением дефектов в кристаллической структуре гипса и снятии дефективности при достижении нагрузки, соответствующей прочности кристаллогидратов гипса. Возникновение дефектов при увеличении давления прессования связывается нами с рекомбинацией межмолекулярных связей кристаллогидратной воды (в основном водородных), располагающейся в зоне спайности по кристаллографическому направлению 010. При такой рекомбинации становятся возможны замещения молекул кристаллогидратной воды кислыми ионами и анионами находящихся в фосфогипсе кислот с образованием солей кальция, в частности гидратов фосфата кальция. Дополнительные исследования рентгеновскими и термическими способами подтвердили данную гипотезу.

Использование обнаруженного эффекта позволило разработать технологии производства искусственного гипсового камня, обладающего комплексом технологических параметров, необходимых для производства портландцемента [1, 2],

обычного гипса [3] и гипса с повышенной водостойкостью [4]. В настоящее время завершаются исследования по разработке композиционного гидравлического гипсового вяжущего и строительных изделий на его основе.

Участок производства искусственного гипсового камня, реализующий данную технологию, пущен в эксплуатацию на отвале фосфогипса одного из химических заводов. Принципиальная схема участка приведена на рис. 2.

Технологический процесс состоит из следующих операций. Фосфогипс из отвала автотранспортом доставляется к приемному бункеру 1. Приемный бункер снабжен дробильными барабанами и питателем, которые осуществляют домол кусков фосфогипса и подачу молотого продукта на ленточный конвейер 2. На этот же конвейер из силосов 3 и 4 подаются технологические добавки, которые вместе с молотым фосфогипсом загружаются в приемную воронку 2-вального шнекового смесителя 5. Из смесителя ленточным питателем 6 и элеватором 7 смесь поступает в бункер томления 8, где выдерживается в течение 2 часов. Из бункера томления ленточным питателем 9 смесь подается в приемный бункер-дозатор 10 инфракрасной туннельной проходной печи 11. Равномерно уложенный по ширине конвейера слой толщиной 30–50 мм проходит несколько зон нагрева и отвода водяного пара, после каждой зоны материал переворачивается специальными плужками. В ходе сушки фосфогипс теряет 10–25 % свободной воды, удаляемой принудительной вентиляцией, при этом кристаллизационная вода сохраняется. Высушенный фосфогипс ленточным питателем 12 и элеватором 13 загружается в промежуточный бункер-охладитель 14. Из этого бункера ленточным питателем 15 продукт подается в воронку брикетировочного пресса 16. После прессования искусственный гипсовый камень наклонным конвейером 17 передается в соседний пролет и там штабелируется (скла-

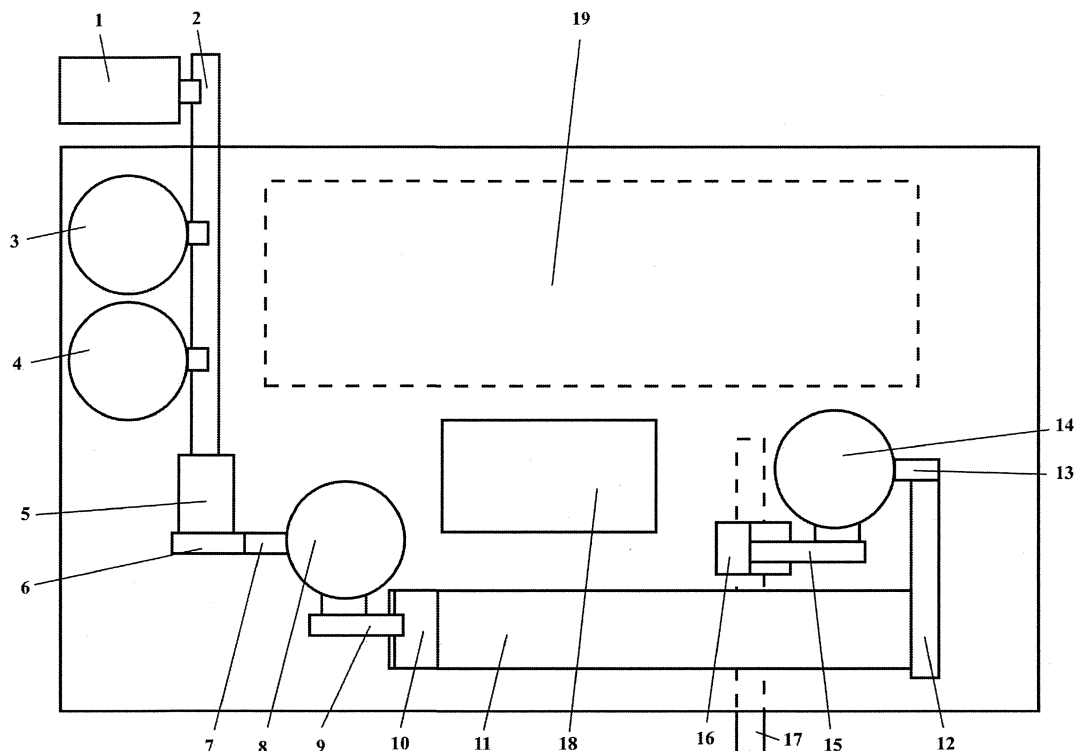


Рис. 2. Принципиальная схема участка производства искусственного гипсового камня:

1 – приемный бункер; 2 – ленточный конвейер; 3, 4 – силоса для технологических добавок; 5 – шнековый смеситель; 6 – ленточный питатель; 7 – элеватор; 8 – бункер томления; 9 – ленточный питатель; 10 – приемный бункер – дозатор ИК-сушила; 11 – ИК-сушило; 12 – ленточный питатель; 13 – элеватор; 14 – бункер охладитель; 15 – ленточный питатель; 16 – брикетировочный пресс; 17 – наклонный ленточный конвейер; 18 – диспетчерский пункт; 19 – резервная площадь для второй очереди

дируется) по типу «шеvron» на складе готовой продукции.

Разработанная технология производства искусственного гипсового камня и минеральных вязущих веществ на его основе, позволяет с высокой производительностью перерабатывать крупнотоннажные текущие выбросы фосфогипса и фосфогипс, накопленный в отвалах.

Литература

1. Михеенков, М.А. Особенности технологии производства искусственного гипсового камня на основе фосфогипса / М.А. Михеенков // Цемент и его применение. – 2009. – № 1. – С. 76–79.

2. Михеенков, М.А. Изучение возможности использования искусственного гипсового камня на основе фосфогипса при производстве портландцемента / М.А. Михеенков // Цемент и его применение. – 2009. – № 5. – С. 53–56.

3. Михеенков, М.А. Прессование, как способ повышения физико-механических свойств гипсового вязущего / М.А. Михеенков // Вестник МГСУ. – 2009. – № 3. – С. 173–182.

4. Михеенков, М.А. Прессование, как способ повышения водостойкости гипсового вязущего / М.А. Михеенков // Вестник МГСУ. – 2009. – № 4. – С. 158–167.

Поступила в редакцию 2 февраля 2010 г.

СВОЙСТВА ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТОГО ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО ТОНКОМОЛОТЫМИ ДОБАВКАМИ И СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОМ МФ-АР

С.В. Федосов, Г.В. Серегин, К.И. Бурдун

PROPERTIES OF THE HIGH-ALUMINA CEMENT STONE MODIFIED BY FLOURED ADMIXTURES AND SUPERPLASTICIZING ADMIXTURE MF-AR

S.V. Fedosov, G.V. Seryogin, K.I. Burdun

Представлены результаты исследования влияния тонкомолотых добавок глинозема, хромоглиноземистого шлака и суперпластификатора МФ-АР на свойства жаростойкого высокоглиноземистого цементного камня. Показана целесообразность совместного применения добавок и суперпластификатора для получения жаростойких бетонов с высокими эксплуатационными свойствами.

Ключевые слова: модифицирование жаростойких бетонов, суперпластификатор, тонкомолотые добавки.

The research results of the influence of the alumina floured admixtures of the chromic oxide-alumina slag and superplasticizing admixture МФ-АР on the properties of the heat resistant high-alumina cement stone are given. The practicability of mutual usage of the admixtures and superplasticizing admixture for obtaining heat-resistant concretes with high operating abilities is shown.

Keywords: heat-resistant concrete modifying, superplasticizing admixture, floured admixtures.

В России, как и в зарубежной практике, имеются примеры успешного использования бетонов на основе глиноземистого цемента [1, 2], в том числе и бетонной смеси, разработанные Ивановским государственным архитектурно-строительным университетом для Челябинского и Карагандинского металлургических комбинатов, успешно испытанные в производственных условиях. Последние рекомендованы для использования при широком внедрении суперпластификаторов [3].

В данной статье рассматриваются результаты испытаний цементного камня высокоглиноземистого цемента, модифицированного суперпластификатором и тонкомолотыми добавками, устойчивыми к воздействию высоких температур. В работе были использованы: цемент высокоглиноземистый производства опытного цементного завода института Гипроцемент с содержанием Al_2O_3 – 65 %, нормальная густота – 25,7 %, сроки схватывания: начало – 2 ч 15 мин, конец – 12 ч, тонкость помола по остатку на сите № 008 – 10 %, активность цемента – 49,8 МПа.

Тонкомолотые добавки: глинозем металлургический и шлак алюминотермический хромоглиноземистый Ключевского завода ферросплавов с содержанием Al_2O_3 – 75,9 %, Cr_2O_3 – 9,8 %.

Суперпластификатор: МФ-АР – продукт кон-

денсации меламина, формальдегида и натрия сульфанилоксислого.

Для изучения влияния добавок на прочность цементного камня после сушки и нагревания формовали образцы-кубы размером $1 \times 1 \times 1$ см с одинаковым расходом воды 26,5 % и подвергали пропариванию по режиму 2 + 4 + 2 ч. Прочность при сжатии после сушки и остаточную прочность после нагревания определяли по ГОСТ 20910.

Из данных, приведенных в табл. 1 и на рис. 1, видно, что оптимальной дозировкой добавки глинозема является 5 %. Это дает рост остаточной прочности на 20 %, дальнейшее увеличение расхода добавки ведет к снижению прочности. Для хромоглиноземистого шлака оптимальной можно считать дозировку 10 % как позволяющую повысить остаточную прочность после нагревания на 28 %. В табл. 2 и на рис. 2 представлены результаты влияния добавки суперпластификатора МФ-АР на прочностные характеристики чистого цементного камня без тонкомолотых добавок. Оптимальной можно считать дозировку 1,25 % к массе цемента по сухому веществу суперпластификатора. Отмечено также увеличение подвижности на 85 % при оптимальной дозировке суперпластификатора.

В табл. 3 и на рис. 3 приведены результаты испытаний цементного камня с добавкой 10 %

Таблица 1

Прочность цементного камня с тонкомолотыми добавками

Количество добавки к цементу, %	Добавка глинозема		Добавка молотого хромоглиноземистого шлака	
	$R_{сж}^{110}$, МПа/%	$R_{сж}^{1000}$, МПа/%	$R_{сж}^{110}$, МПа/%	$R_{сж}^{1000}$, МПа/%
0	105,0/100,0	37,5/100,0	–	–
5	150,0/143,0	45,0/118,0	116,0/110,4	40,2/107,2
10	148,0/141,0	40,0/105,2	129,0/122,9	48,0/128,0
15	141,0/134,0	22,5/60,0	148,0/141,0	42,1/112,3
20	120,0/114,0	25,5/68,0	100,0/95,0	35,1/93,6
25	120,0/114,3	20,0/53,3	92,0/87,6	26,0/69,3
30	91,0/86,6	22,0/58,6	–	–
40	70,0/66,6	20,0/53,3	–	–
50	70,0/66,6	18,5/49,3	–	–

Таблица 2

Прочность цементного камня с суперпластификатором МФ-АР

Количество добавки к цементу, %	Распływ, мм	$R_{сж}^{110}$, МПа/%	$R_{сж}^{1000}$, МПа/%
0	105	61,2/100,0	49,3/100,0
0,5	121	76,5/127,0	43,5/88,0
0,75	190	101,5/169,0	69,4/126,0
1,0	195	96,9/158,4	60,8/123,0
1,25	195	122,4/200,0	73,2/146,0
1,5	200	90,1/147,0	52,3/131,0
2,0	205	71,4/117,0	56,7/115,0

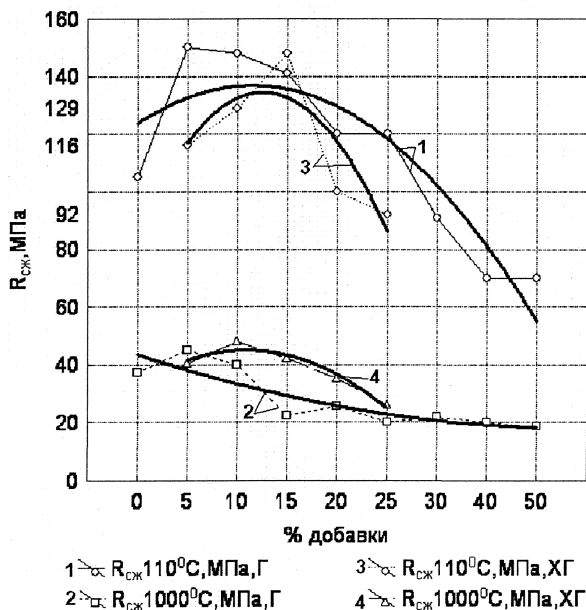


Рис. 1. Результаты испытаний образцов цемента с добавкой глинозема и хромоглиноземистого шлака

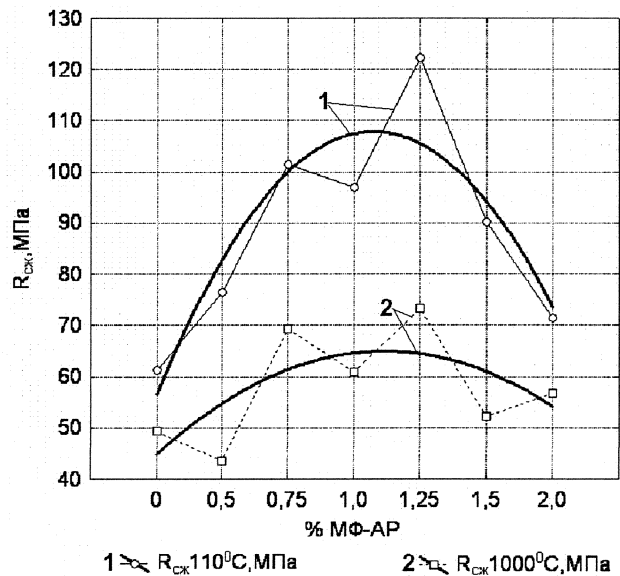


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии от расхода добавки МФ-АР

хромоглиноземистого шлака при различной дозировке суперпластификатора.

На основании проведенных сравнительных испытаний образцов цементного камня с тонкомо-

лотыми добавками и суперпластификатором МФ-АР, можно сделать вывод о целесообразности совместного применения изученных тонкомолотых добавок с суперпластификатором для получения

Таблица 3

Прочность цементного камня с суперпластификатором МФ-АР и хромоглинозёмистым шлаком (10 %)

Количество добавки к цементу, %	Распływ, мм	$R_{сж}^{110}$, МПа/%	$R_{сж}^{1000}$, МПа/%
0	105	98,0/100,0	78,1/100,0
0,5	122	126/128,6	80,6/102,0
0,75	191	167,5/170,9	101,8/129,5
1,0	196	160,9/178,8	104,0/133,3
1,25	197	198,0/202,8	120,8/151,0
1,5	202	148,1/151,0	110,3/141,2
2,0	207	117,2/119,5	76,1/97,0

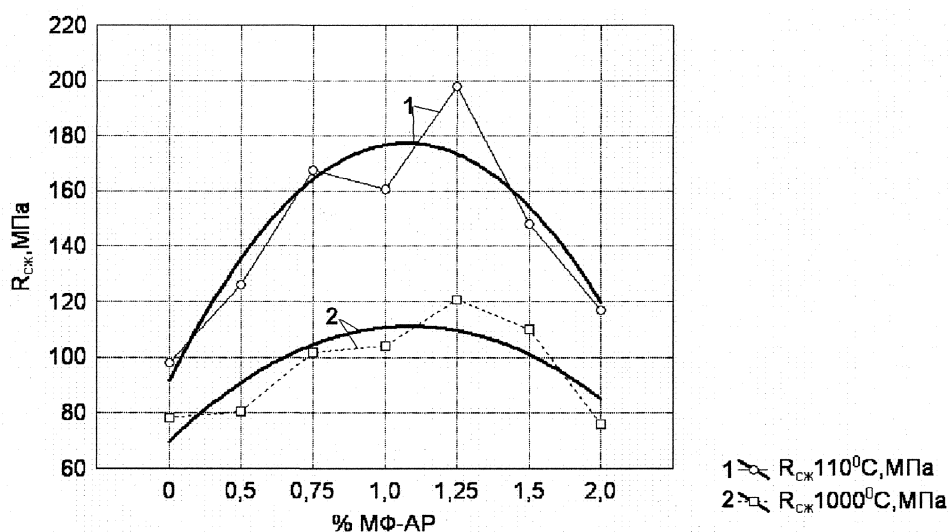


Рис. 3. Зависимость прочности при сжатии цементного камня с добавкой 10 % хромоглинозёмистого шлака в зависимости от дозировки суперпластификатора МФ-АР

жаростойких бетонов с высокими эксплуатационными свойствами.

Литература

1. Некрасов, К.Д. Применение жаростойких бетонов и конструкций из них / К.Д. Некрасов, В.В. Жуков // *Материалы международного симпозиума*. – М.: ЦИНИС, 1973. – С. 36–42.

2. Кузнецова, Т.В. Глинозёмистый цемент / Т.В. Кузнецова, И. Талабер. – М.: Стройиздат, 1988. – С. 243–248.

3. Батраков, В.Г. Рекомендации по применению добавок суперпластификаторов в производстве сборного и монолитного железобетона / В.Г. Батраков, Г.В. Серегин // М.: ВНИИС ГОССТРОЯ СССР, 1987. – С. 23–25, 35–36.

Поступила в редакцию 20 февраля 2010 г.

ПИГМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ШЛАМОВ ВОДООЧИСТКИ

Р.З. Шаяхметов, В.В. Яковлев

COLOURS OF BUILDING PURPOSE FROM RAW SLUDGE OF WASTEWATER PURIFICATION

R.Z. Shayakhmetov, V.V. Yakovlev

Изложен вариант утилизации шлама очистки подземных вод. Исследованы основные свойства марганцевого пигмента и предложены рекомендации по использованию пигмента для получения лакокрасочных композиций. Предлагается безотходная технологическая схема переработки шлама в пигмент.

Ключевые слова: утилизация шламов водоочистки, строительные пигменты.

In the article a variant of reclaiming of the sludge of subsurface water purification is given. The main properties of manganesian colour are analyzed and recommendations for the colour usage for obtaining paint compositions are given. A non-waste technical procedure for the processing of the sludge into the colour is offered.

Keywords: reclaiming of sludges of wastewater purification, building colours.

Пигменты строительного назначения кроме общих требований должны обладать атмосферостойкостью. Этим требованиям обычно отвечают пигменты на основе неорганических соединений, однако их сырьевая база ограничена. На сегодняшний день расширение сырьевой базы для производства пигментов может производиться за счет использования побочных продуктов и отходов промышленности.

Одним из таких отходов являются шламы, образующиеся при очистке питьевой воды подземных источников. В общем объеме воды, подаваемой для хозяйственно-питьевых нужд, около 35 % приходится на долю подземных вод, для которых характерны высокие концентрации железа и марганца. Неоспоримым преимуществом подземных водоисточников является их защищенность от загрязнений природного и антропогенного происхождения, а также более низкая себестоимость очистки по сравнению с поверхностным забором воды, поэтому со временем будет наблюдаться тенденция к увеличению подземных водозаборов, а, следовательно, увеличатся объемы шламов. Накопление шламов при очистке подземных вод характерно для Уральского региона, а также для северных и северо-восточных районов Сибири.

В качестве объекта исследования взят шлам, образующийся при очистке подземных вод на Патраковском инфильтрационном водозаборе г. Нефтекамска. Получающийся в процессе биологической деманганации воды осадок представляет собой порошок черного цвета из-за присутствия в его составе оксида марганца. Шлам не используют

и вывозят на полигон твердых бытовых отходов в объеме до 33 тонн в год.

Полный химический анализ, проведенный весовыми, фотокалометрическими и атомно-абсорбционными методами показал следующий состав шлама, %: SiO₂ – 42,23; MnO – 32,80; Fe₂O₃ – 4,43; CaO – 4,27; CO₂ – 2,56; MgO – 2,50; P₂O₅ – 0,66; Cr₂O₃ – 0,016; Al₂O₃ – 0,011; PbO – 0,01; CuO – 0,004; потери при прокаливании – 10,51. Изучение пригодности шлама, как сырья для получения строительного пигмента, проводили термически, рентгенофазовыми и электронно-микроскопическими исследованиями.

На рис. 1 приведена дериватограмма марганцевого шлама, предварительно высушенного при 105 °С. Нагрев производился до температуры 1000 °С.

Из дериватограммы следует: до 120 °С потери массы шлама связаны с удалением адсорбированной воды; при 400 °С происходит дегидратация гетита FeO(OH), а далее до 500 °С можно отметить кристаллизацию разложившегося гетита в гематит (Fe₂O₃); до 750 °С идут потери химически связанной воды в силикатных составляющих марганца и из скелетов бактерий; при нагревании проб шлама до 760 °С происходит превращение MnO₂ в Mn₂O₃, а далее при 800–1000 °С наблюдается фазовый переход Mn₂O₃ в α-Mn₃O₄ и β-Mn₃O₄.

По данным рентгенофазового анализа шлам очистки подземных вод в основном содержит оксиды кремния и марганца. Особенности состава марганцевого шлама в электронном микроскопе с применением локального микроанализа приведены на рис. 2.

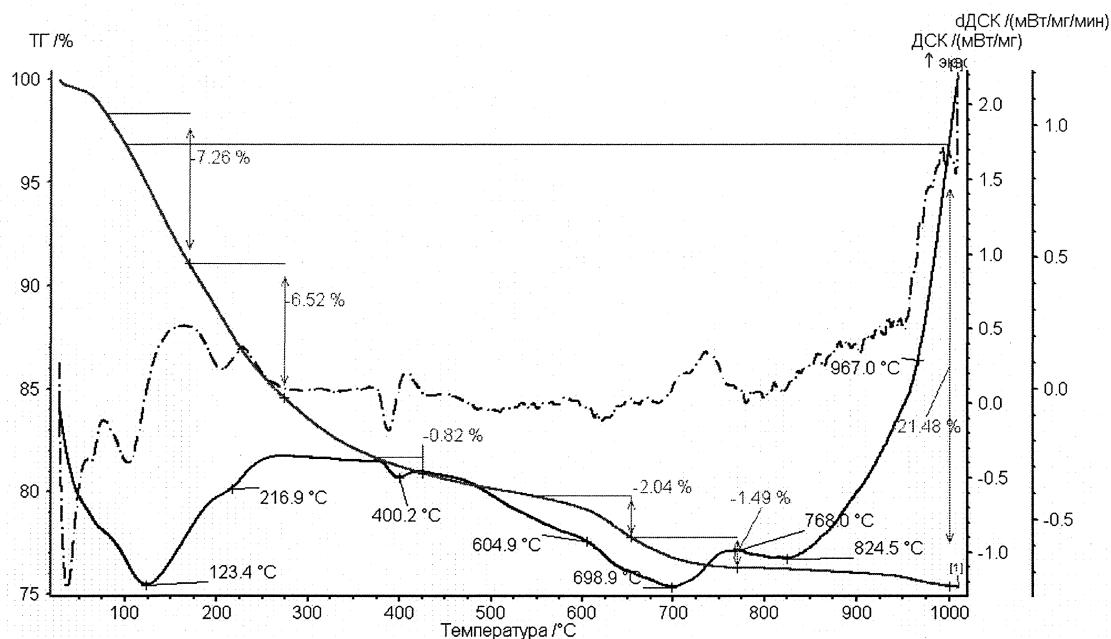


Рис. 1. Дериватограмма исходного марганцевого шлама

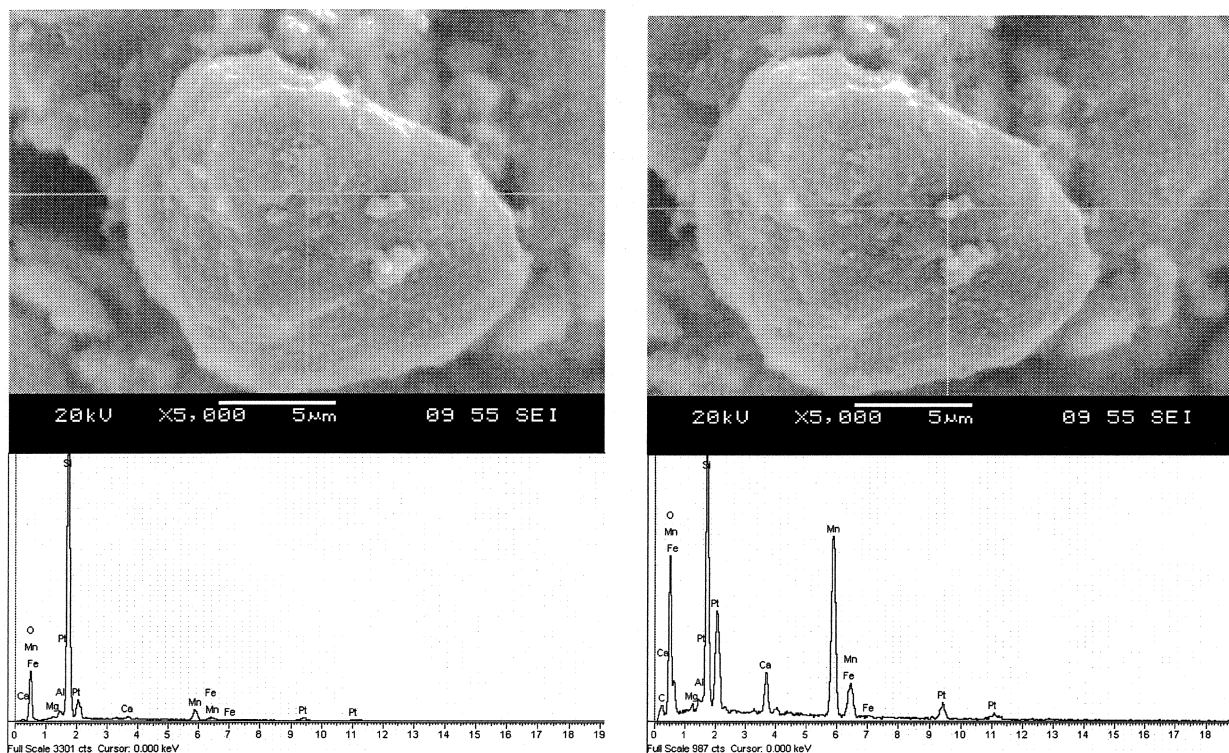


Рис. 2. Снимки частицы марганцевого шлама с локальным анализом состава крупной и более мелкой частиц на ее поверхности

Из полученных локальным микроанализом данных следует, что крупные частицы шлама в основном состоят из оксида кремния. Сверху они покрыты тонким слоем мелких частиц, содержащих предпочтительно оксид марганца. В составе шлама отмечено также присутствие вытянутых частиц-пластин длиной до 25–30 мкм и шириной до 3 мкм (рис. 3).

По данным локального микроанализа, эти частицы в составе марганцевого шлама в основном состоят из оксидов марганца и железа, при незначительном присутствии кремниевой составляющей. Эти частицы образуются в результате жизнедеятельности марганцеоксилирующих бактерий, которые бывают кокковой (круглой) и нитевиднопластинчатой (вытянутой) форм.

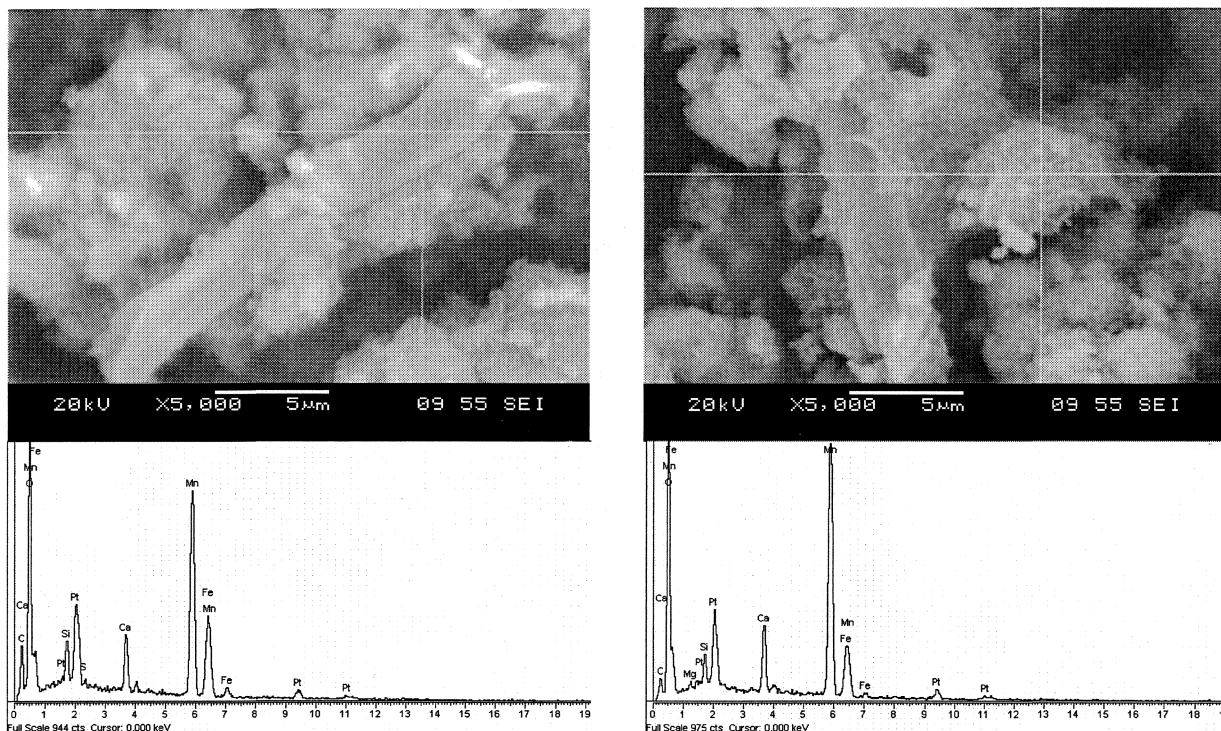


Рис. 3. Электронно-микроскопический снимок вытянутых частиц в составе шлама

Установлено, что шлам водоочистки в основном состоит из конгломератов крупных кремнеземистых частиц с мелкими, насыщенными марганцовистыми соединениями, частицами. Отдельными включениями в шламе расположены частицы, образовавшиеся в результате жизнедеятельности бактерий по следующему механизму: бактерии прикрепляется к частице бионосителя (кварцевая частица), далее за счет жизнедеятельности бактерии происходит осаждение оксидов марганца и формирование так называемого «чехла».

Для получения высококачественного тонкодисперсного пигмента необходимо дополнительное измельчение шлама. Снижение энергозатрат на измельчение шлама возможно при использовании предварительной термической обработки, так как значительная часть высокопрочных частиц состоит из низкотемпературного кварца. Такие частицы можно ослабить за счет обработки шлама при температуре 600 °С, так как при 573 °С полиморфные превращения в оксиде кремния вызывают разрушение кремнеземистых частиц.

Исследования обожженного до 600 °С шлама в электронном микроскопе подтвердили предположение (рис. 4). На снимке, сделанном в электронном микроскопе, видно, что частицы шлама, прошедшие термообработку при 600 °С, разрушаются до максимального размера 5–7 мкм. А это значит, что для помола таких частиц потребуются меньшие затраты энергии.

Для уточнения фазового состава марганцевого пигмента был проведен рентгеноструктурный анализ полученного порошка, предварительно измельченного до удельной поверхности 7000 см²/г.

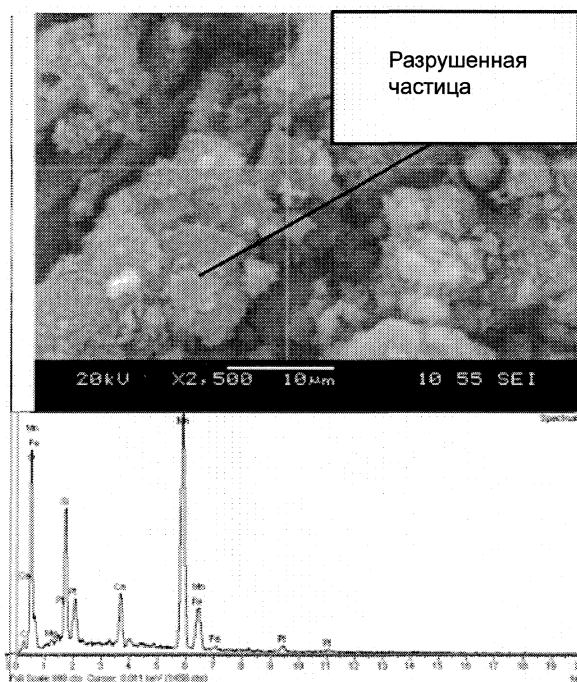


Рис. 4. Образец марганцевого порошка, обожженного при температуре 600 °С

Согласно этим исследованиям, при термообработке порошка при 600 °С и выдержке от 1,5 до 2,5 часов весь кварц перешел из α-кварца в β-кварц, а марганцовистая составляющая от 30 до 50 %, примерно в равных количествах представлена соединениями MnO₂ в Mn₂O₃ с размерами кристаллитов 32–34 мкм, существенно не изменяющих цвет. Следовательно, обжигать марганцевый порошок более 2-х часов нецелесообразно.

Технические характеристики свойств марганцевого пигмента

№ п/п	Наименования показателя	Единица измерения	Образец марганцевого пигмента	Требования ТУ 2322-144-49119586-00, не более	Метод испытания
1	Коэффициент отражения, не более	%	4,6	5	ГОСТ 16873–92
2	Укрывистость	г/м ²	6,5	7	ГОСТ 8784–75
3	Маслоемкость	$\frac{\text{Г масла}}{100 \text{ Г пигмента}}$	22,0	–	–
3	Остаток на сите с сеткой № 0063	%	0,3	0,5	ГОСТ 21119.4–75
4	Массовая доля веществ, растворимых в воде	%	0,5	0,7	ГОСТ 21119.2–75
5	рН водной суспензии	–	8,40	7–9	ГОСТ 21119.3–91
6	Массовая доля летучих веществ, не более	%	0,01	0,5	ГОСТ 21119.1–75
7	Потери массы при прокаливании	%	0,4	0,5	ГОСТ 21119–75
8	Цвет при смешивании с двуокисью титана	–	от светло-серого до черного	–	–
9	Химический состав Оксиды: Mn Si Fe	%	52,3 33,5 5,4	–	–

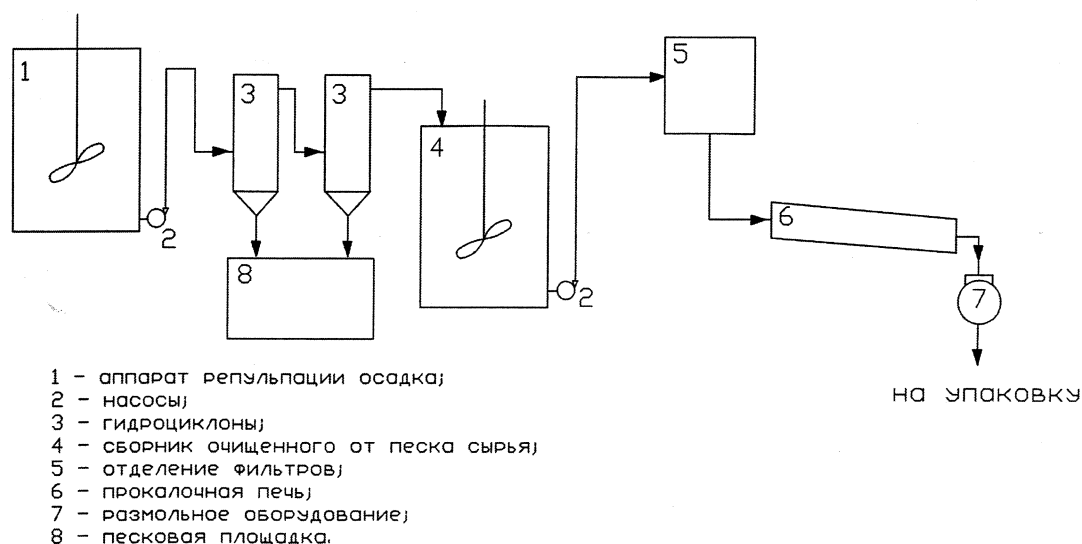


Рис. 5. Технологическая схема переработки марганцевого шлама в пигмент

Технические характеристики свойств марганцевого пигмента даны в таблице.

Для переработки марганцевого шлама в пигмент предлагается следующая схема (рис. 5).

Исходный марганцевый осадок поступает в аппарат репульсации исходного сырья – 1, в котором происходит «распускание» агрегатов осадка. Полу-

ченную суспензию насосом марки ФГП 20/10 (2) подают на два последовательно расположенных гидроциклона марки ГЦ-75 (3), для отделения частиц песка (42,23 % по массе). Песок направляется на площадки песка – 8 для подсушки и дальнейшего использования, например, в качестве наполнителя при производстве мастик и шпатлевок. Очи-

ценный марганцевый шлам поступает в сборник сырья – 4, откуда насосом подается в отделение фильтров – 5. Отфильтрованный продукт отправляют в печь ПК-5.20.5/4 (6), где происходит обжиг марганцевого шлама при температуре 600 °С в течение 2 часов, и далее, с помощью транспортера, шлам подают на измельчитель-дезинтегратор ПОТОК-3000 М (7).

В результате установлено, что марганцевый шлам содержит ценное сырье (свыше 30 % оксида

марганца), которое может быть использовано в производстве пигментов. Уточнен механизм образования отдельных частиц шлама водоочистки. Определены оптимальные условия и предложена технологическая схема переработки марганцевого шлама в пигмент. Получен образец порошка пигмента (содержание оксида марганца более 50 %), свойства которого показали его пригодность для получения лакокрасочных материалов.

Поступила в редакцию 24 февраля 2010 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ ДЛЯ ДЕКОРАТИВНОГО БЕТОНА

Б.Я. Трофимов, Л.Я. Крамар

ANALYSIS OF PROPERTIES OF SYNTHETIC PIGMENTS FOR THE ARCHITECTURAL CONCRETE

B.Y. Trofimov, L.Y. Kramar

Рассмотрены процессы получения и исследованы свойства синтетических пигментов для декоративного бетона. Выявлено, что использование микрокремнезема в технологии пигментов способствует экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов.

Ключевые слова: пигменты, декоративный бетон, микрокремнезем.

The processes of obtaining synthetic pigments for the architectural concrete are considered and their properties of are analyzed. It is revealed that usage of microsilica in the colour technology promotes technology of natural, human and power resources.

Keywords: colours, architectural concrete, microsilica.

Для окрашивания цементных бетонов и растворов могут применяться щелочестойкие природные или искусственные пигменты. Довольно широко распространены природные пигменты, которые обладают высокой щелоче- и светостойкостью, но имеют изменяющийся состав и свойства, что делает их малопригодными для обеспечения однородной окраски больших объемов изделий и конструкций. Для этих целей используют синтетические железистоокисные пигменты, изготовление которых осуществляется по простой технологии с использованием недефицитного сырья.

Технология железистоокисных пигментов включает в себя следующие операции: подготовка сырья; приготовление раствора железного купороса; приготовление зародышей и синтез пигментов; фильтрация и отмывка полученных оксидов; прокаливание и упаковка пигментов.

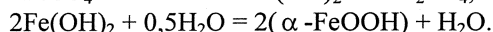
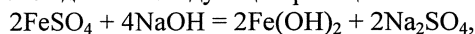
В качестве сырья используют отходы промышленности: железосодержащие шлаки и шламы, железный купорос, отработанные травильные растворы, металлолом низколегированных сталей и др. Подготовка металлического железа состоит в его сортировке, отделении мусора, ржавого и промасленного металла. Тонкие металлические листы перед загрузкой в реактор перегибают для улучшения доступа к поверхности металла раствора и воздуха.

Приготовление раствора железного купороса ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) осуществляется непосредственно в реакторе синтеза, который представляет собой сосуд, состоящий из цилиндрической и конической частей общим объемом $13,0 \text{ м}^3$, снабженный «ложным» деревянным днищем и системами подачи сжатого воздуха, «острого» и «глухого» пара

для нагрева раствора до $60 \dots 90 \text{ }^\circ\text{C}$ и поддержания температуры на протяжении всего синтеза.

В чистый реактор заливают 5 м^3 воды или маточного раствора от предыдущего синтеза и загружают 1 т кристаллического железного купороса, включают подачу пара, воздуха и циркуляционный насос. Перемешивание продолжается $0,5 \dots 1,0 \text{ ч}$ до полного растворения кристаллов купороса, после этого насос выключается и раствор отбирается на анализ.

Для получения качественных пигментов большое значение имеет фазовый состав и структура зародышей, химический состав которых такой же, как и у пигмента ($\alpha\text{-FeOOH}$). Зародыши имеют размер кристаллов примерно в 10 раз меньший, чем пигмент, так как получаются быстрым окислением кислородом воздуха осажденного гидрата закиси железа, получаемого при взаимодействии железного купороса и щелочи. Правильно приготовленные зародыши не должны оседать в маточном растворе, процесс их получения связан с прохождением следующих реакций:



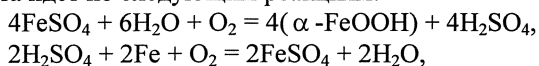
Количество загружаемых в реактор раствора железного купороса и щелочи берется из расчета получения 160 кг зародышей с остаточной массовой концентрацией Fe^{2+} $45 \dots 50 \text{ г/л}$ после доведения объема раствора в реакторе до 13 м^3 . Использование в технологии пигментов зародышей значительно повышает стоимость продукта. Но зародыши $\alpha\text{-FeOOH}$ можно заменить высокоактивным тонкодисперсным минеральным кремнеземистым порошком, каким является микрокремнезем.

Обладая высокой удельной поверхностью, микрокремнезем после гидротермальной обработки в растворе железного купороса при 60...70 °С формирует на своей поверхности большое количество центров кристаллизации, которые играют роль затравочных кристаллов. В результате, замена в технологии пигментов затравочных кристаллов на микрокремнезем позволит отказаться от сложного процесса специального изготовления зародышей, что способствует экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов.

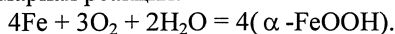
Целью настоящей работы является разработка эффективной технологии железоокисных пигментов при замене специальных зародышей, управляющих окислительными процессами, на высокодисперсный микрокремнезем – отход производства ферросилиция.

При использовании в качестве зародышей микрокремнезема в реактор с раствором железного купороса загружают суспензию микрокремнезема из расчета 200...500 кг по сухому веществу. Суспензию нагревают до 70 °С и при перемешивании циркуляционным насосом выдерживают 5...7 ч.

Для синтеза пигментов в реактор с раствором железного купороса загружают расчетное количество раствора щелочи, перемешивание производят циркуляционным насосом при слабой подаче сжатого воздуха (не более 50 м³/ч). При взаимодействии раствора купороса со щелочью получается осадок темно-зеленого цвета (Fe(OH)₂), для его окисления в реактор подается сжатый воздух с расходом 250...300 м³/ч. Конец окисления определяют по изменению цвета суспензии до тускло-желтого и окисление оканчивают при достижении водородного показателя pH = 3,5...4, после чего расход воздуха снижают до 100 м³/ч. Синтез пигмента идет по следующим реакциям:



суммарная реакция:



Таким образом, в процессе синтеза расходуется металлическое железо, а концентрация железного купороса остается практически постоянной.

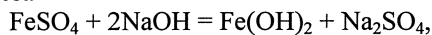
Контроль процесса ведется по величине pH, необходимое значение которого поддерживают расходом сжатого воздуха. Снижение pH ниже 2,5 свидетельствует о резком уменьшении количества железа в реакторе. В процессе синтеза непрерывно меняется концентрация и цвет пигмента от тускло-желтого, через ярко-желтый и до темно-желтого. Процесс считается законченным по достижении концентрации пигмента 120...130 г/л.

Фильтрация и отмывка пигмента необходимы для отделения твердого продукта от жидкости и отмывки его от водорастворимых солей. Эта операция осуществляется на рамном фильтрпрессе. После фильтрования получают пасту с содержанием сухого остатка 40...60 %, которую затаривают в полиэтиленовые мешки или подают на сушку и после этого затаривают.

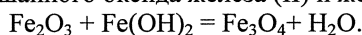
Переход желтого пигмента в красный происходит в рамках топомхимической реакции при прокаливании гидроксида железа. Этим методом при варьировании температуры и вводимых добавок можно получать разнообразные оттенки пигментов от самых светлых до темных, при этом они имеют яркий и чистый цвет. Для получения красных пигментов пасту желтого пигмента высушивают и прокаливают при температуре 850...920 °С в течение 2...4 ч, после чего охлаждают, размалывают и затаривают.

Получение черного пигмента происходит по следующим реакциям:

а) взаимодействие двухвалентного сульфата железа со щелочью с образованием гидроксида железа



б) взаимодействие трехвалентного оксида железа с гидроксидом железа (II) с образованием смешанного оксида железа (II) и железа (III)



Свойства отечественных железоокисных (ЖО) пигментов и осажденных на микрокремнеземе (МК) приведены в таблице.

С целью изучения особенностей фазового состава отечественных пигментов в сравнении с пигментами фирмы «Байер» были проведены исследования фазового состава и степени закристаллизованности пигментов с помощью рентгенофазового и дериватографического анализов. Обработка полученных результатов позволила выявить довольно существенные различия между исследуемыми пигментами, представляющими одну цветовую гамму.

Желтые железоокисные пигменты фирмы «Байер» поставляют в виде гранул, в их составе содержится некоторое количество полимерного вещества-пластификатора типа ЛСТ, а сам пигмент представлен хорошо закристаллизованным продуктом, дающим на рентгенограммах четкие и интенсивные отражения с $d/n = 5,0; 4,18; 3,36; 2,69; 2,57; 2,47; 2,45; 2,25; 2,18; 1,80; 1,72; 1,68; 1,56; 1,50; 1,45 \text{ \AA}$, принадлежащие минералу гетиту ($\alpha\text{-FeOOH}$), и слабые отражения с $d/n = 6,26; 3,29; 2,47; 1,94 \text{ \AA}$, указывающие на присутствие в пигменте в пределах 1...1,5 % лепидокрита $\gamma\text{-FeOOH}$. Гетит имеет пластинчатые кристаллы ромбической сингонии. Преобладание гетита в пигменте подтверждается и данными дифференциально-термического анализа (ДТА), который выявляет потери воды при 360...400 °С и экзотермический эффект при 440 °С, связанный с полиморфными превращениями обезвоженного продукта в гематит.

Желтый пигмент (ЖО), в отличие от байеровского, содержит меньшее количество хорошо закристаллизованного гетита, в качестве примесей присутствуют лепидокрит, маггемит $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и вюстит FeO. Вюстит и маггемит относят к неустойчивым формам оксидов железа, способным не только окисляться со временем, но и вступать в реакции со щелочными и кислотными соединениями.

Технические свойства железистоокисных пигментов

№ п/п	Наименование показателей	Вид пигмента				
		Желтый ЖО	Красный ЖО	Черный ЖО	Желтый на МК	Красный на МК
1	Массовая доля железа в пересчете на Fe ₂ O ₃ , %	85,1	94,0	95,0	57,0	60,0
2	Массовая доля растворимых в воде веществ, %	0,3	0,3	0,2	0,25	0,25
3	Массовая доля воды и летучих веществ, %	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4
4	Остаток после мокрого рассева через сито № 0063, %	0,2	0,2	0,18	0,6	0,6
5	Укрывистость, г/м ²	16	7,0	4,0	6,9	6,9
6	рН водной суспензии	6,5	6,0	6,9	5,8	5,6
7	Маслоемкость, г/100 г пигмента	45	49	–	–	–
8	Диспергируемость за 30 мин, мкм	20	20	19	30	30
9	Относительная красящая способность, %	95	–	–	–	–

Желтый пигмент, полученный осаждением на микрокремнеземе, содержит в 2,5 раза меньше закристаллизованного гетита, при этом степень закристаллизованности минерала очень низкая, размеры кристаллитов малы и несовершенны, что снижает эффективность красителя.

Красный пигмент фирмы «Байер» в основном состоит из хорошо закристаллизованного α-Fe₂O₃ (гематита) тригональной сингонии с межплоскостными расстояниями $d/n = 3,65; 2,69; 2,51; 2,43; 2,20; 1,84; 1,69; 1,48; 1,45; 1,35; 1,30; 1,25 \text{ \AA}$, лепидокрита с $d/n = 6,26; 3,29; 2,47; 1,94; 1,73; 1,52; 1,37 \text{ \AA}$, содержание которого не превышает 1,5 %, отмечается также присутствие пластификатора и незначительного количества других минералов.

Железистоокисный красный пигмент отличается пониженной степенью закристаллизованности и содержит в значительных количествах примеси магнетита и лепидокрита. Получение пигмента осаждением на микрокремнеземе повышает количество хорошо закристаллизованного гематита, при этом увеличивается доля ромбоэдрических кристаллов, что подтверждается увеличением интенсивности отражения $d/n = 2,70 \text{ \AA}$, в этом пигменте отмечается также присутствие примесей магнетита, лепидокрита и других минералов. По свойствам этот пигмент практически не уступает байеровскому.

Черные пигменты были представлены двумя видами: один от фирмы «Байер», другой отечественного производства. Байеровский пигмент содержит в основном полностью закристаллизованный магнетит с отражениями $d/n = 2,97; 2,53; 2,10; 1,72; 1,62; 1,49; 1,28 \text{ \AA}$ и добавку пластификатора.

Черный отечественный пигмент также состоит в основном из хорошо закристаллизованного магнетита с кубической сингонией, но дополнительно включает некоторое количество маггемита ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) с $d/n = 2,95; 2,15; 1,52; 1,30; 1,24 \text{ \AA}$, эта форма отличается повышенной реакционной способностью и несколько снижает качество красителя.

Декоративные свойства отечественных пигментов сравнивались с синтетическими железистоокисными пигментами германской фирмы «Bayer»: красным Bayferrox НОС, черным Bayferrox ЗЗОС, желтым Bayferrox 920С. Пигменты с индексом «С»

выпускаются для строительных целей в гранулированном виде для уменьшения потерь и пыления. Германские пигменты характеризуются изменением цвета бетона не более 1,5 %. Крайнее удлинение начала схватывания бетонной смеси с пигментами по сравнению с непигментированной составляют 60 мин, снижение прочности при сжатии образцов пигментированного бетона по сравнению с прочностью контрольных составляет максимум 5 %, содержание водорастворимых веществ в пигментах составляет максимум 3,5 % по массе. Насыпная плотность пигментов находится в пределах 900...1300 кг/м³, истинная плотность около 5 г/см³, влажность пигментов при поставке не более 1,0 % по массе. По химическому составу байеровские пигменты минимум на 92 % состоят из оксидов или гидроксидов железа, содержание посторонних оксидов (SiO₂ + Al₂O₃) не превышает 4,0 % по массе.

Для определения щелочестойкости 2...3 г пигмента засыпали в 5 %-ный раствор каустической соды и выдерживали в течение 2 часов. Цвет пигмента после выдержки сравнивали с пигментом, не подвергавшимся воздействию каустической соды. Кроме этого, щелочестойкость определяли смешивая одинаковое количество пигмента с водными суспензиями, содержащими в одном случае известь, а в другом – мел. При этом получали пасты одинаковой влажности и цвета. Такие пасты выдерживали в эксикаторе 3 суток, а затем сравнивали цвет пигмента в пасте с мелом и с известью. Как показали испытания, цвет пигментов групп ЖО, МК и Б остался неизменным.

Таким образом, из проведенной работы следует:

– желтый пигмент, полученный по предложенной технологии состоит из слабо закристаллизованного гетита, значительного количества реакционноактивных примесных минералов и по качеству уступает байеровскому;

– применение в технологии пигментов вместо специальной микрокристаллической затравки микрокремнезема позволило получить красные и черные пигменты, не уступающие по характеристикам байеровским, при значительном снижении затрат на производство.

Поступила в редакцию 1 февраля 2010 г.

КИРПИЧ СУХОГО ПРЕССОВАНИЯ ИЗ ТЕРРИКОНИКОВ КИЗЕЛА

Б.С. Баталин, Т.А. Белозёрова, С.Э. Маховер, М.Ф. Гайдай

DRY-PRESSED BRICK MADE FROM KIZEL WASTE PILE

B.S. Batalin, T.A. Belozyorova, S.E. Makhover, M.F. Gaidai

Приведены результаты исследования по использованию техногенных отходов, представленных террикониками Кизеловского угольного бассейна. Показана целесообразность применения высокотемпературного обжига для получения керамических материалов с высокими эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: терриконики, горелые породы, кирпич, керамика, обжиг, олигопептиды.

The research results of the usage of the technogenic waste presented by the waste pile of Kizel Coal-Basin are given. The practicability of hard firing application for obtaining high performance ceramic materials is proved.

Keywords: waste pile, burnt rock, brick, ceramics, firing, oligopeptides.

К концу XX века накоплено огромное количество техногенных отходов, условно их можно называть новыми месторождениями. Назрела необходимость в их использовании и желательна с минимальными затратами на переработку. В частности, весьма актуальной является проблема использования отходов угольной промышленности.

Так, в Кизеловском угольном бассейне Пермского края добыча угля осуществлялась более 200 лет и в настоящее время прекращена, после чего остались терриконики. За годы разработки угольных шахт в регионе скопилось более 27 млн т красных (горелых) и черных (не горелых) терриконов, состоящих из песчаников, глинистых сланцев с прослоями известняков, алевролитами, аргиллитами, с включениями угля.

Целью наших исследований является утилизация терриконов Кизеловского бассейна путем переработки их в изделия строительной керамики.

Одновременно, утилизация обширного источника загрязнения окружающей среды позволит существенно улучшить экологическую обстановку в районе и крае в целом. Значительные объемы шахтных пород и отходов могут быть использованы в строительной индустрии.

На основе терриконов могут быть получены керамические материалы, в том числе изделия строительной, санитарно-технической и художественной керамики, огнеупоры.

Эксперименты показали, что наиболее целесообразный способ переработки терриконов Кизеловских шахт может быть осуществлен лишь с применением высокотемпературных технологических процессов.

В связи с тем, что в России налажен выпуск серийного оборудования для производства керамики строительного назначения сухим способом

(ассоциация АССТРОМ, г. Ростов-на-Дону), появилась возможность переработать терриконики в строительную керамику.

Терриконики представлены двумя разновидностями отвальных пород:

«черными» – углистыми глинистыми сланцами и аргиллитами;

«красными» – так называемыми горелыми породами, подвергшимися обжигу в результате самовозгорания сланцев и аргиллитов.

Химический состав терриконов приведен в табл. 1. Оба вида терриконов присутствуют в виде крупного щебня и песка [1, 2].

В проведенной работе было экспериментально доказано, что из смеси черных и красных пород может быть получена красножущаяся керамика строительного и художественного назначения. Были разработаны рецептуры и технологические режимы производства облегченного керамического кирпича методом сухого прессования.

Поскольку составляющие терриконов не набухают в воде, в состав керамической массы необходимо вводить связку. В качестве связки была использована глина одного из месторождений Пермского края. Химический состав глины приведен в табл. 2.

Важную роль для получения высококачественной керамики играет степень измельчения исходных терриконов и соотношение черного и красного в составе сырьевой смеси. В ходе исследования было установлено, что если измельчить терриконики до состояния песчаной фракции 0–5 мм, то образцы получают низкой прочности с дефектами на поверхности (рис. 1), поэтому измельчать их необходимо до полного прохождения через сито № 063. При этом после обжига получается равномерно обожженный черепок без дефектов (рис. 2).

Таблица 1

Химический состав терриконов, %

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S
1А*	50,85	1,277	17,16	5,31	0,009	0,11	0,38	0,33	2,35	0,092	1,06
2А*	51,04	1,449	21,75	14,16	0,019	0,00	1,60	0,45	2,25	0,114	1,96
3А*	30,05	1,152	15,18	4,56	0,007	0,00	0,19	0,21	2,55	0,056	1,46
4А*	45,22	1,295	17,11	9,65	0,007	0,11	0,16	0,23	2,43	0,076	1,10
1В**	47,48	1,032	14,78	5,99	0,007	0,02	0,16	0,28	1,88	0,093	1,22
2В**	52,99	1,383	19,88	14,31	0,020	0,00	1,92	0,31	2,07	0,105	1,87
3В**	45,15	1,130	15,29	4,61	0,007	0,09	0,14	0,21	2,20	0,096	0,99
4В**	58,67	1,192	16,57	8,34	0,013	0,24	0,13	0,22	2,29	0,095	0,82

*1А–4А черные терриконы; **1В–4В красные терриконы

Таблица 2

Химический состав глины, %

Сумма	ППП	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
99,8	6,75	63,48	12,87	0,74	4,76	5,57	1,84	0,02	2,02	1,75

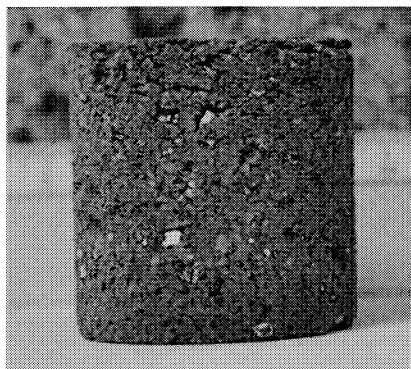


Рис. 1. Образец из терриконов фракции 0–5 мм

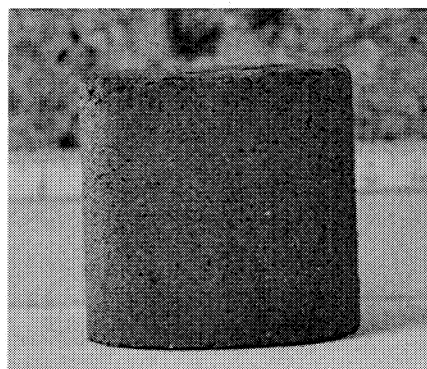


Рис. 2. Образец из терриконов фракции 0–0,63 мм

В ходе работы определили водные, формовочные, сушильные и огневые свойства смесей из терриконов обоих видов. Формовочную влажность определяли следующим образом: взвешивали навески по 100 г смесей, которые делили на 5 равных частей. Каждая навеска была увлажнена водой в следующих соотношениях, мас. %: 5; 7,5; 10; 12,5; 15. Из увлажненной смеси сформировано в пресс-форме диаметром 20 мм по одному образцу – цилиндру при нагрузке 200 кгс, которые сразу испытали на сжатие.

Путем экспериментов был получен оптимальный состав смеси, которому соответствовал черепок наилучшего качества, мас. %: «черного» терриконика – 45; «красного» терриконика – 45; глины – 10; воды сверх массы сухих компонентов – 7. Оптимальное давление прессования составило 400–500 кг/см². Интервал спекания, установленный экспериментально, составляет 950–1100 °С. Оптимальная температура спекания при этом равна 1050 °С при времени спекания в лабораторной муфельной печи 6–8 часов.

После обжига определяли свойства полученных образцов: прочность, плотность, коэффициент размягчения. Ранее нами было установлено, что добавка расщепленных олигопептидов в виде концентрата БГ-20, применяемого в качестве пенооб-

разователя, повышает прочность керамического черепка, полученного методом шликерного литья и пластического формования. Была высказана гипотеза о причине повышения прочности черепка при использовании такой добавки [3]. Гипотеза предполагает, что в ходе обжига керамической массы, включающей олигопептиды, происходит синтез наноструктурных элементов, которые затем служат центрами кристаллизации расплава, образующегося при спекании.

Если гипотеза верна, то эффект повышения прочности черепка не должен зависеть от способа формования изделий. Для проверки этого предположения нами были проведены эксперименты, в которых использовали составы керамической смеси, включающие 2, 4, 6, 8, 10, 12, и 14 % по массе БГ-20. После добавления пенообразователя более 6 % прочность практически не меняется, а после 12 % резко падает. Поэтому, чтобы избежать перерасхода пенообразователя, за оптимальное количество принято 4–6 %. Количество воды при этом соответственно уменьшали на такие же величины. Все остальные условия эксперимента сохраняли, как описано выше. Результаты испытаний приведены на рис. 3. Интересен тот факт, что плотность при этом практически не меняется (рис. 4).

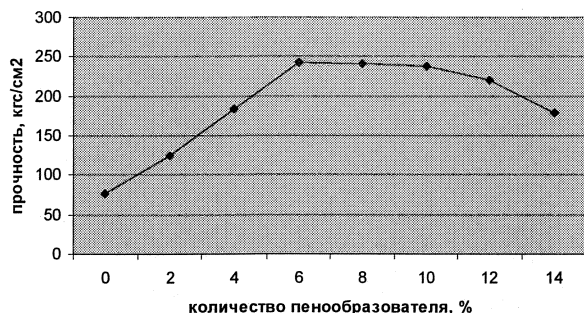


Рис. 3. Зависимость прочности при сжатии образца от количества пенообразователя в составе сырьевой смеси

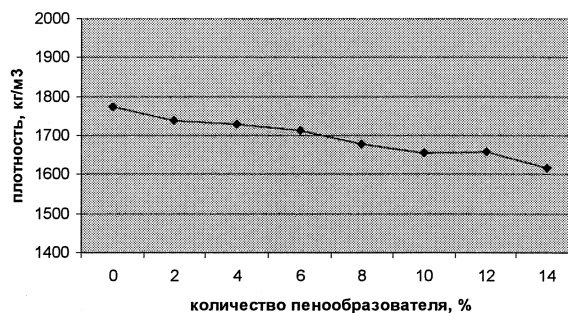


Рис. 4. Зависимость плотности образцов от количества пенообразователя в составе сырьевой смеси

Эксперименты показали, что отходы угольной промышленности — терриконики, могут быть использованы для получения керамических изделий и по экономическим показателям эта задача полезна малому бизнесу. Это даст возможность создавать новые рабочие места, что, несомненно, положительно скажется на экономической ситуации в Кизеловском районе. Полученные данные предполагается использовать для проектирования кирпичного завода в районе кизеловских и губахинских шахт мощностью 7 млн штук облегченного керамического кирпича в год.

На основе проделанной работы можно сделать вывод, что терриконики Кизеловского бассейна пригодны для получения керамического кирпича и, возможно, художественной керамики, при условии измельчения обоих видов терриконика до фракции 0–0,63 мм, введении 10–12 % глины в состав смеси и применение в качестве уп-

рочняющей добавки белкового пенообразователя БГ-20 в количестве 4–6 %.

Литература

1. Опыт проведения комплексных инженерно-экологических изысканий объекта по уничтожению химического оружия / Н.Г. Максимович, Б.Е. Шенфельд, А.З. Ощепкова, Е.А. Хайрулина // *Сергеевские чтения. Материалы годич. сессии науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии.* — М.: ГЕОС, 2006. — Вып. 8. — С. 40–44.
2. Максимович, Н.Г. Рост кристаллов и другие процессы в гелеобразных средах при химическом загрязнении грунтов / Н.Г. Максимович // *Минералогия техногенеза.* — Миасс, 2007. — С. 189–212.
3. Баталин, Б.С. Нанотехнология и строительные материалы / Б.С. Баталин // *Технологии бетонов.* — 2009. — № 7–8. — С. 78–79.

Поступила в редакцию 24 февраля 2010 г.

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ РАСТВОРОВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПРИСУТСТВИИ СОВРЕМЕННЫХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КРАТНОСТЬ И СТОЙКОСТЬ ПОЛУЧАЕМЫХ ПЕН

А.Н. Юндин, Е.В. Кучуев

SURFACE-TENSION OF SATURATED SOLUTIONS OF THE INORGANIC BINDING IN THE MODERN FOAMING AGENT PRESENCE AND ITS IMPACT ON THE EXPANSION AND STABILITY OF THE OBTAINED FOAMS

A.N. Yundin, E.V. Kuchuev

Оценена пригодность синтетического пенообразователя ПБ-2000 и биологического Addiment SB3 для производства пенобетона на основе портландцемента, строительного гипса и магнезиальных вяжущих веществ. Показано неоднозначное влияние различных сред вспенивания на поверхностное натяжение растворов пенообразователей, кратность и стойкость получаемых пен.

Ключевые слова: пенобетон, поверхностное натяжение, оценка пенообразователей, кратность пен, стойкость пен.

The suitability of the synthetic (ПБ-2000) and biological (Addiment SB3) foaming agent sand used for the foam concrete production based on Portland cement, gypsum building plaster and magnesia cements is assessed. Nonunique influence of different foaming media on the surface-tension of the foaming agents solutions, expansion and stability of the obtained foams is shown.

Keywords: foam concrete, surface-tension, foaming agents assessment, foam expansion, foam stability.

В состав всех используемых пенообразователей входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые при растворении в жидкостях существенно понижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз «жидкость – газ». Причиной понижения поверхностного натяжения является строение молекул ПАВ, которые состоят из полярных групп и неполярного углеводородного радикала. Полярная часть молекулы ПАВ гидрофильна, а неполярная гидрофобна. Вследствие этого, при введении в раствор пенообразователей молекулы ПАВ адсорбируются на поверхности раздела фаз «жидкость – газ», что приводит к понижению свободной поверхностной энергии за счет замещения на поверхности молекул воды менее полярными молекулами и за счет увеличения в поверхностном слое межмолекулярного расстояния.

С понижением поверхностного натяжения раствора повышается кратность получаемых из него пен. Это связано с тем, что чем меньше поверхностное натяжение раствора, тем меньше работы нужно затратить на создание новых поверхностей раздела фаз «жидкость – газ», и, как следствие, получить больший объем пены [1].

Поверхностное натяжение также оказывает влияние на лапласовское давление воздуха в порах, которое оказывает противодействие давлению вяжущего теста и уплотняющее давление на него в межпоровых перегородках:

$$P = 2\sigma/r.$$

Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что поверхностное натяжение является одним из важнейших показателей качества пенообразователей. Оценке поверхностного натяжения растворов различных пенообразователей посвящено много работ, однако при этом исследуются, как правило, лишь их водные растворы. В данной работе приведены результаты исследования поверхностного натяжения пенообразователей в насыщенных растворах вяжущих веществ.

В качестве модельных в экспериментах использовали насыщенные растворы $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, CaSO_4 , раствор MgCl_2 25 %-ной концентрации, дистиллированную воду, а также пенообразователи ПБ-2000 (синтетический) и Addiment SB3 (биологический). Поверхностное натяжение определяли сталагмометрическим методом. Изотермы поверхностного натяжения пенообразова-

теля ПБ-2000 в растворах электролитов представлены на рис. 1.

Значительное понижение поверхностного натяжения фиксируется уже при концентрации пенообразователя 0,23 %. Фактически при этой концентрации для всех исследуемых сред (за исключением $MgCl_2$) достигается критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). С повышением концентрации пенообразователя более 0,23 % поверхностное натяжение продолжает незначительно снижаться и достигает минимума при концентрации примерно 1,87 %. Минимальное значение поверхностного натяжения для всех исследуемых сред, кроме $MgCl_2$, составляет примерно 25 мН/м. Снижение поверхностного натяжения 25%-ного раствора $MgCl_2$ идет более медленными темпами и достигает примерно 40 мН/м.

Иной характер имеют изолинии поверхностного натяжения растворов электролитов и биологического пенообразователя Addiment SB3 (рис. 2).

Обращает на себя внимание монотонное снижение поверхностного натяжения с повышением концентрации пенообразователя, что затрудняет определение ККМ. Минимальное значение поверхностного натяжения достигается при концентрации ПО 3,16 % и составляет 48–53 мН/м. Поверхностное натяжение практически не меняется в зависимости от вида электролита.

Исходя из полученных результатов, можно предположить, что пены, полученные на основе синтетического пенообразователя, будут характеризоваться большей кратностью, чем пены на основе биологического Addiment SB3. С другой стороны, лапласовское давление воздуха в порах пены,

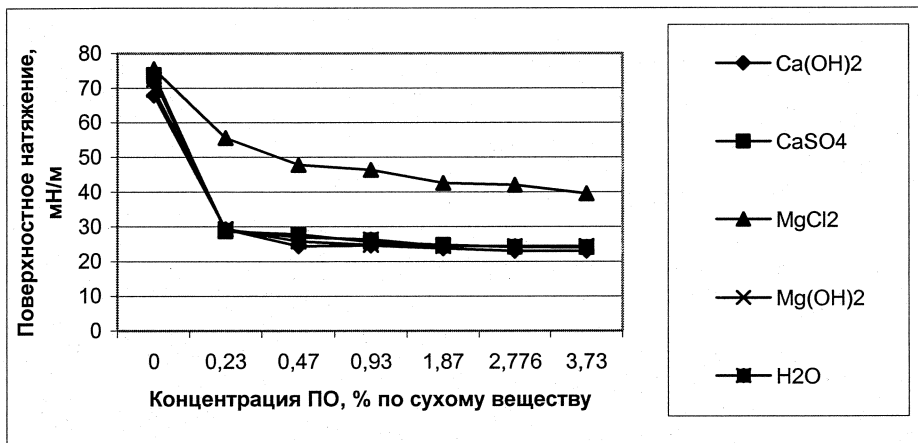


Рис. 1. Влияние концентрации пенообразователя ПБ-2000 на поверхностное натяжение растворов электролитов и дистиллированной воды

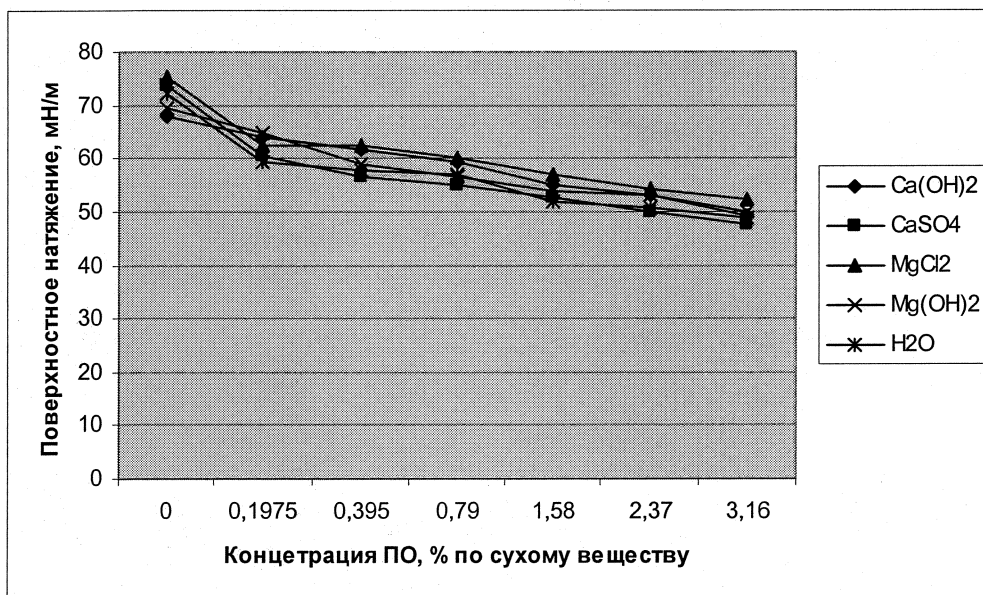


Рис. 2. Влияние концентрации пенообразователя Addiment SB3 на поверхностное натяжение растворов электролитов и дистиллированной воды

полученной на основе синтетического ПБ-2000, будет меньше, чем в пенах на основе Addiment SB3. Понижение лапласовского давления приведет к меньшему противодействию давлению вьющего теста на воздушную пору и, как следствие, меньшему уплотняющему давлению на него в межпоровых перегородках, что может стать причиной снижения устойчивости пенобетонных смесей [2]. При этом стоит отметить, что поверхностное натяжение насыщенных растворов гидроксида кальция, гидроксида магния и сульфата кальция практически не отличается от поверхностного натяжения растворов пенообразователей в дистиллированной воде. Это дает основание полагать, что кратность пен, полученных из насыщенных растворов исследуемых вяжущих веществ, за исключением 25 %-ного раствора хлорида магния, не будет отличаться от кратности пен, полученных из дистиллированной воды.

С целью проверки сделанного предположения нами также были изучены кратность и стойкость пен, полученных из приведенных пенообразователей в модельных растворах.

Из данных, приведенных на рис. 3, следует, что среда вспенивания оказывает существенное влияние на кратность получаемых пен. Кратность пен, полученных из насыщенных растворов CaSO_4 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и дистиллированной воды выше, чем

кратность пен из насыщенных растворов $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и MgCl_2 .

ККМ исследуемых растворов достигалась при концентрации пенообразователя 0,23 % в пересчете на сухое вещество. При этом, согласно Тихомирову, должна достигаться максимальная кратность получаемых пен. Кратность модельных растворов повышалась с увеличением концентрации пенообразователя выше ККМ. Кратность пен из всех исследуемых растворов в присутствии пенообразователя Addiment SB3 повышается при увеличении концентрации пенообразователя, достигая максимума при концентрации 2 %. Кратность полученных пен различается незначительно и находится в пределах 4,6–5,5. Стабильность получаемых пен оценивалась степенью сохранности пен по истечении определенного промежутка времени (4 мин). Результаты испытаний приведены в таблице.

Максимальная стабильность пен, получаемых из исследуемых растворов в присутствии Addiment SB3, достигается при концентрации пенообразователя 2 %. Для пен из ПБ-2000 оптимальной в ряде случаев (растворы CaSO_4 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$) является концентрация 1,5 %. Стабильность пен из дистиллированной воды возрастает до концентрации 1,25 %, при дальнейшем повышении концентрации стабильность пен начинает уменьшаться. Пены из биологического пенообразователя характеризуются

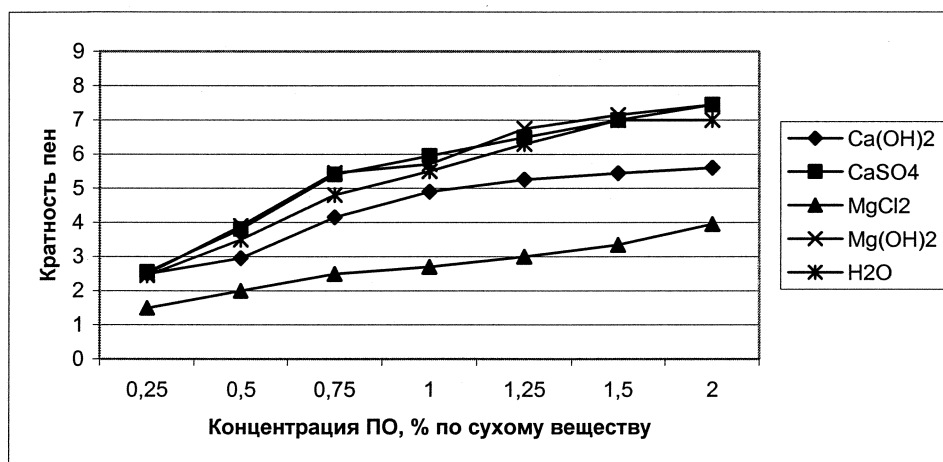


Рис. 3. Влияние концентрации пенообразователя ПБ-2000 на кратность пен

Влияние концентрации пенообразователей на сохранность пен

Конц. ПО, %	Сохранность пен из ПБ-2000, %					Сохранность пен из Addiment SB3, %				
	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	CaSO_4	MgCl_2	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	H_2O	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	CaSO_4	MgCl_2	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	H_2O
0,25	16	17,5	17	21	19,5	22,5	31	39	26	24,5
0,5	19	23	22,5	35	32	27	38	48,5	26,5	27,5
0,75	31	45	27,5	50	51,5	36	40	56	31	30,5
1	32,4	49	29,5	52	80,5	49	65,5	75,5	41,5	36,5
1,25	37,5	52,5	31,5	64,5	91	64	81	93	57	66
1,5	37	66	38	67,5	86,5	80	97	94	64,5	69
2	44,2	59	70	60	65	95	97	96	90	77

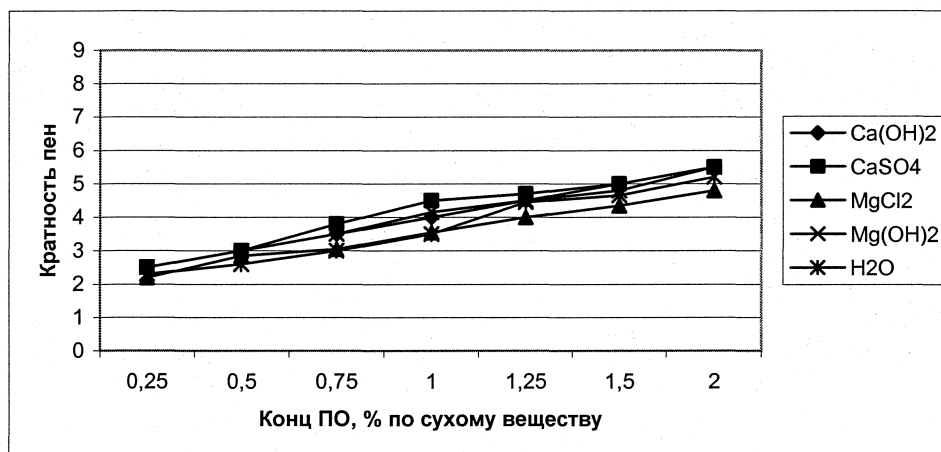


Рис. 4. Влияние концентрации пенообразователя Addiment SB3 на кратность пен

ся более высокой стойкостью, чем пены из синтетического ПБ-2000.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что для синтетических пенообразователей низкое значение поверхностного натяжения насыщенного раствора используемого вяжущего не всегда является достаточным условием получения пен высокой стабильности и кратности. Кратность и стойкость пен, полученных из насыщенного раствора гидроксида кальция, меньше, чем у пен, полученных из дистиллированной воды, при практически одинаковых значениях поверхностного натяжения. Причиной понижения кратности пен из насыщенных растворов гидроксида кальция и хлорида магния может быть уровень pH, отличный от уровня pH пенообразователя, а также

взаимодействие ПАВ с растворенными ионами, что может привести к связыванию поверхностно-активного иона пенообразователя и образованию труднорастворимых солей. Кратность пен, полученных из пенообразователя Addiment SB3, а также поверхностное натяжение исследуемых растворов, практически не зависят от среды вспенивания (рис. 4).

Литература

1. Тихомиров, В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / В.К. Тихомиров. – М.: Химия, 1975. – 264 с.
2. Шахова, Л.Д. Роль пенообразователей в технологии пенобетонов / Л.Д. Шахова // Строительные материалы. – 2007. – № 4. – С. 16–19.

Поступила в редакцию 1 марта 2010 г.

К ВОПРОСУ УПРОЧНЕНИЯ ПРЕССОВАННЫХ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.Б. Петропавловская, Т.Б. Новиченкова, И.К. Доманская

ON THE STRENGTHENING OF THE PRESSED BINDING MATERIALS

V.B. Petropavlovskaya, T.B. Novichenkova, I.K. Domanskaya

Представлены результаты исследования влияния дисперсионной среды на формирование высокопрочной структуры негидратационного твердения. Установлена взаимосвязь щелочности среды, состава комплексной добавки, используемого давления прессования на свойства материала на основе двухводного техногенного гипса.

Ключевые слова: двухводный техногенный гипс, комплексная добавка со щелочным компонентом, дисперсная система, негидратационное твердение.

The research results of the influence of the dispersive medium on formation of the high-strength structure of the non-hydration maturing are given. The interconnection between the alkaline medium, composition of the complex addition, the used compacting pressure on the material properties based on the technogenic calcium sulfate dehydrate.

Keywords: technogenic calcium sulfate dehydrate, complex admixture with alkaline component, disperse system, non-hydration maturing.

В настоящее время изготовление строительных материалов и изделий по ресурсосберегающим и энергоэффективным технологиям является одной из важнейших задач строительного производства. Непрерывно возрастающая потребность в вяжущих и материалах, отвечающих современным требованиям по эффективности, долговечности, надежности и безопасности, заставляет ускорить решение этой задачи. Необходимо большее внимание уделить вовлечению в производство таких резервов минерального сырья в строительном производстве, как гипсовые и гипсодержащие отходы промышленности. Гипсовые вяжущие и материалы на их основе, за экономичность и малую энергоёмкость производства относят к эффективным строительным материалам. Именно широкое использование гипса позволило многим европейским странам достигнуть больших успехов в повышении производительности труда, качества и снижении цементоемкости, а значит и стоимости строительства в целом [1]. Использование составов на основе гипса обусловлено во многом совокупностью положительных свойств, присущих только данной группе вяжущих. В первую очередь – это отсутствие усадочных деформаций, быстрый набор прочности, хорошие тепло- и звукоизолирующие свойства, хорошая огнестойкость. Ввиду того, что применение составов ориентировано в основном на производство внутренних работ, то к привлекательным свойствам добавляются также хорошие экологические характеристики и высокая паропроницае-

мость. При этом удельные капитальные вложения в производство гипсовых вяжущих в 2 раза, а энергозатраты в 4 раза ниже, чем на получение клинкерных цементов. Кроме того, гипсовые стеновые изделия, по сравнению с другими материалами (кирпич, железобетон) отличаются меньшей массой. Широкое использование модифицированных гипсовых вяжущих при возведении ограждающих малоэтажных зданий уже сейчас может создать реальный вклад в реализацию национальной программы «Доступное и комфортное жилье» и обеспечить современному жилищу требуемую безопасность.

Данные исследования посвящены проблеме использования отходов двухводного техногенного гипса в производстве материалов и изделий без его традиционного перевода в вяжущее. Возможность формирования кристаллизационных структур на основе дигидрата сульфата кальция по негидратационной схеме, предложенной А.Ф. Полаком, открывает новое перспективное направление в технологии строительных материалов и изделий [2]. Для образования контактов в системе на основе двухводного гипса необходимо создать особые условия структурообразования – сблизить частицы вяжущего на расстояния действия внутрикристаллических сил, а также создать в твердеющей системе необходимое пересыщение [1]. Варьируя эти условия, можно направленно воздействовать на процесс структурообразования в твердеющей системе, выстраивая таким образом материал с заданными свойствами.

Известно, что на формирование фазовых контактов в дисперсной системе на основе двуводного гипса большое влияние оказывает дисперсионная среда [3]. В работе исследовались зависимости прочностных характеристик систем негидратационного твердения от щелочности среды затворения.

В качестве основного сырьевого компонента в работе применяли двуводный техногенный гипс в виде отработанных форм для литья Конаковского фаянсового завода. Исследования проводились с использованием бинарных сырьевых смесей двуводного гипса, соответствующие ГОСТ 125–79. Щелочная среда регулировалась содержанием комплексной добавки со щелочными компонентами на основе гидроксидов кальция, калия и натрия. Показатель pH среды затворения контролировали с помощью стандартных индикаторов. Оценку влияния щелочности дисперсионной среды на прочность гипсовых систем негидратационного твердения проводили на образцах – цилиндрах, изготовленных методом полусухого прессования и испытанных после 28 суток твердения.

Результаты исследований влияния щелочности при различном давлении прессования на прочность материала при использовании комплексной добавки с гидроксидом калия представлены на рис. 1 и рис. 2.

Проведенные исследования показали, что характер зависимостей прочности прессованного материала от щелочности среды остается практически неизменным при использовании давлений

5 и 15 МПа. При прессовании под давлением 30 МПа прочность материала снижается на 20 % при увеличении щелочности до pH = 12, а при использовании давления прессования 60 МПа повышается на 10 %.

Установлено, что на формирование гипсовой структуры негидратационного твердения оказывает влияние и вид щелочного компонента в составе комплексной добавки (рис. 3). Введение в состав добавки гидроксида калия и натрия при pH от 8 до 10 повышает прочность материала, однако характер зависимостей при pH более 10 меняется. В случае применения гидроксида калия прочность материала снижается на 17 %, а при использовании гидроксида натрия увеличивается на 10 %.

Максимальной прочностью – 74 МПа обладали образцы, полученные при использовании комплексной добавки с гидроксидом кальция. Под влиянием щелочной среды усиливается полярность молекул воды. Это вызывает соответствующее упрочнение ее связей в слоях структуры двуводата, а, следовательно, и прочность фазовых контактов между частицами двуводного гипса при негидратационном твердении.

Одновременно активность электролита зависит от ионной силы раствора, которая при одинаковом значении pH имеет наибольшее из трех значений для комплексной добавки с гидроксидом кальция, что и обуславливает наибольший эффект повышения прочности образующейся структуры.

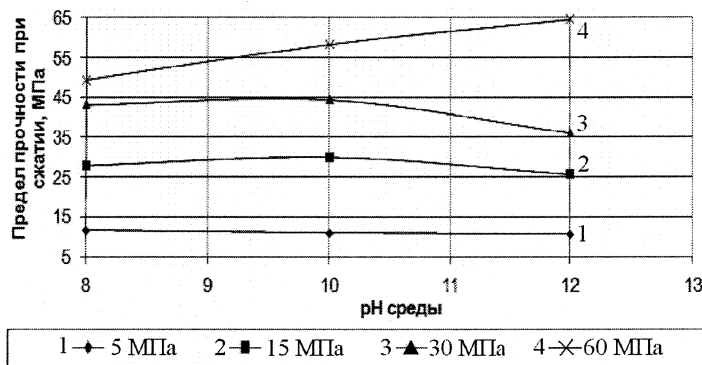


Рис. 1. Зависимость прочности гипсовых прессованных образцов от pH

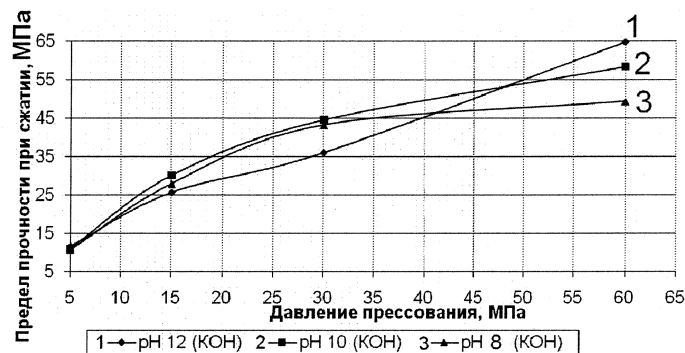


Рис. 2. Зависимость прочности гипсовых прессованных образцов от давления прессования

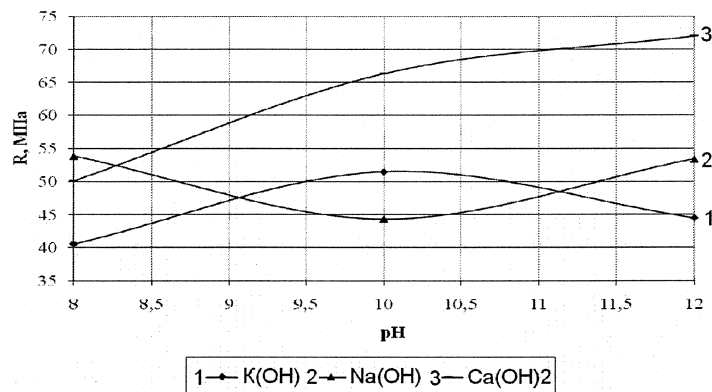


Рис. 3. Зависимость прочности гипсовых прессованных образцов от вида щелочи и pH

Таким образом, возможно регулирование свойств прессованных материалов на основе двухводного техногенного гипса путем введения комплексной добавки, что позволяет получить из отходов промышленности высокопрочные и безопасные материалы и изделия.

Литература

1. Белов, В.В. *Современные эффективные гипсовые вяжущие, материалы и изделия: научно-справочное издание* / В.В. Белов, А.Ф. Бурьянов,

В.Б. Петропавловская. – Тверь: ТГТУ, 2007. – 215 с.

2. О возможности формирования кристаллизационных структур на основе дегидрата сульфата кальция / А.Ф. Полак, И.М. Ляшкевич, В.В. Бабков и др. // *Известия вузов.* – 1987. – № 10. – С. 60.

3. Ляшкевич, И.М. О возможности формирования кристаллизационных структур на основе дегидрата сульфата кальция / И.М. Ляшкевич, Г.С. Раптунович, А.Ф. Полак // *Известия вузов.* – 1985. – № 12. – С. 55–59.

Поступила в редакцию 1 марта 2010 г.

НОВЫЙ СПОСОБ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА

Н.М. Красникова, В.Г. Хозин

NEW WAY OF FOAMED CONCRETE PREPARATION

N.M. Krasinikova, V.G. Khozin

Описывается новая технология приготовления пенобетона, включающая предварительную комплексную механоактивацию смеси, состоящую из портландцемента, жидкого концентрата пенообразователя, наполнителя и водопонижающего реагента, с последующим затворением сухой смеси водой и смешением в скоростном смесителе.

Ключевые слова: технология, сухая механоактивированная смесь, неавтоклавный пенобетон.

A new technology of foamed concrete preparation including preliminary complex mechanical activation of the mixture composed of Portland cement, foaming agent liquid concentrate, filling agent and water-reducing reactant with further mixing of the dry pack with water and its blending in a high-speed amalgamator.

Keywords: technology, dry mechanical activated mixture, non-autoclave foamed concrete.

Изделия из ячеистых бетонов наилучшим образом адаптированы к сложным климатическим и экономическим условиям России [1, 2]. При этом в разном масштабе применяются две разновидности ячеистого бетона: газобетон автоклавного твердения и пенобетон неавтоклавного твердения.

Пенобетон по свойствам уступает автоклавному газобетону, в частности, его структурная прочность на два–три класса ниже, а влажностная усадка в 2–4 раза выше [3]. Следует отметить, что высокая усадка обусловлена другим «генетическим» недостатком неавтоклавного пенобетона – высокой начальной влажностью, обусловленной большим водосодержанием пенобетонной смеси ($V/T > 0,7$). Перечисленные недостатки являются весьма существенными и вплоть до настоящего времени снижают его конкурентоспособность и сдерживают производство и применение в строительстве.

Однако у этого материала есть ряд преимуществ перед автоклавным газобетоном, связанных со строением его поровой структуры – пенобетон имеет преимущественно замкнутую пористость. Можно утверждать, что поровая структура неавтоклавного пенобетона позволяет обеспечить ему прочность, равную и выше прочности автоклавного газобетона, при достижении равновеликой прочности материала межпоровых перегородок. Одним из способов получения такой прочности может быть механоактивация вяжущего и применение модифицирующих добавок.

Традиционные варианты технологических схем приготовления пенобетонной смеси, получившие широкое применение, следующие:

1) классическая (двухстадийная), при которой раздельно готовят водную пену и водное цементное тесто (или цементно-песчаный раствор), а затем их смешивают в механическом смесителе;

2) метод сухой минерализации пены [4]; 3) метод баротехнологии [5].

Все перечисленные технологии отличаются как нестабильностью получаемой ячеистой структуры, так и свойств материала, поскольку пенобетонная смесь чрезвычайно чувствительна к минералогическому и вещественному составу вяжущего и наполнителей, с одной стороны, и добавок – с другой. Общим недостатком этих схем является отмеченная ранее повышенная влажность пенобетона (ввиду высоких значений исходного V/T) и, вследствие этого, усадочное трещинообразование при длительном твердении и эксплуатации в конструкции.

В связи с этим необходим поиск других технологий производства, исключающих структурную нестабильность пенобетонной смеси и позволяющих получить прочный материал межпоровых перегородок и, соответственно, высокую прочность, морозостойкость и трещиностойкость неавтоклавного пенобетона.

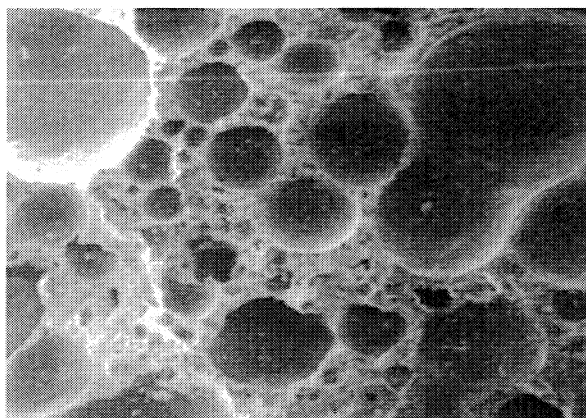
Решение поставленной задачи авторы видят в применении современной идеологии производства сухих строительных смесей для получения пенобетона. Их неоспоримым преимуществом является высокая точность дозирования и степень гомогенизации компонентов, что гарантирует стабильность технологических и эксплуатационно-технических свойств материалов. Следует отметить, что одной из трудностей получения сухой смеси для пенобетона (ССПБ) является тот факт, что практически все пенообразователи являются концентрированными водными растворами.

В связи с этим нами разработана технология изготовления, включающая дополнительно механоактивацию вяжущего путем совместного помолва компонентов, что позволяет получать неавтоклавный пенобетон, лишенный присущих ему недос-

Свойства пенобетона по новой технологии в сравнении со свойствами автоклавного газобетона и требованиями стандартов

Вид технологии	Свойства				
	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Теплопроводность, Вт/м·К	Морозостойкость, цикл	Усадка, мм/м
Пенобетон из сухой активированной смеси	400	1,5	0,09	35	3,0
	600	3,5	0,1	50	2,5
Газобетон	400 ¹	2,0	0.095	25	–
	500 ¹	2,5	0.125	25	–
Требования ГОСТ 25485 для пенобетона	400	0,7–1,1	0,1	не нормируется	не нормируется
Требования ГОСТ 25485 для газобетона	400	1,5–2,1	0,1	не нормируется	не нормируется
Требования по РМД 52-02-2006 для пенобетона	400	1,1	0,1	25	3,0

Примечание. Данные ОАО «Завод Ячеистых Бетонов», г. Набережные Челны.



Поровая структура пенобетона D400, полученного из сухой смеси при 50-кратном увеличении

татков и близкий по свойствам к автоклавному газобетону. Предложенная нами технология совместной механоактивации сухой смеси, состоящей из портландцемента, концентрированного раствора пенообразователя, активных наполнителей и водопонижающего реагента «созвучна» с технологией производства цементов низкой водопотребности (ЦНВ). Преимущество данного способа производства – это получение неавтоклавного пенобетона с малым В/Ц (до 0,4) и, соответственно, с низкой усадкой. Сухая смесь не теряет своих свойств при длительном хранении (3 месяца), так как ПАВ в процессе механоактивации препятствуют образованию агломератов и гидратации цемента. Сравнительные показатели пенобетона из сухой смеси и автоклавного газобетона представлены в таблице.

Из таблицы видно, что показатели пенобетона из сухой смеси превышают нормативные значения и приближаются по свойствам к автоклавному газобетону.

Поровая структура (см. рисунок) пенобетона из сухой смеси не отличается от структуры пенобетона, изготовленного по традиционным схемам.

Дальнейшие исследования будут направлены на совершенствования структуры и свойств пенобетона путем его рецептурно-технологической модификации, которая легко реализуется в новой технологии.

Литература

1. Сахаров, Г.П. *Альтернативные технологии ячеистого бетона* / Г.П. Сахаров // *Технология бетонов*. – 2007. – № 5. – С. 56–58.
2. Горлов, Ю.П. *Технология теплоизоляционных материалов* / Ю.П. Горлов, А.П. Меркин, А.А. Устенко. – М.: Стройиздат, 1980. – 397 с.
3. *ГОСТ 25485–89. Бетоны ячеистые. Технические условия*. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – С. 17.
4. Меркин, А.П. *Научные и практические основы улучшения структуры и свойств поризованных бетонов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук* / А.П. Меркин. – М., 1972. – 44 с.
5. Ружинский, С.А. *Все о пенобетоне* / С.А. Ружинский, А.Б. Портник, А.В. Савиных. – СПб.: ООО «Стройбетон», 2006. – 630 с.

Поступила в редакцию 1 марта 2010 г.

ДЕФОРМАЦИИ ВЫСОКОПРОЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО ПРИ ТВЕРДЕНИИ

Д.Г. Сагдатуллин, Н.Н. Морозова, В.Г. Хозин, О.М. Ильичева

DEFORMATIONS OF HIGH-STRENGTH COMPOSITION OF GYPSEOUS BINDING DURING MATURING

D.G. Sagdatullin, N.N. Morozova, V.G. Khozin, O.M. Ilchyova

Исследована кинетика собственных деформаций высокопрочного композиционного гипсового вяжущего в различных условиях твердения в зависимости от вида применяемой активной минеральной добавки (АМД).

Ключевые слова: высокопрочное композиционное гипсовое вяжущее, собственные деформации.

Kinetics of the proper deformations of the high-strength compositional gypseous binding in different maturing conditions depending on the type of the active mineral admixture (AMA) used was analyzed.

Keywords: high-strength compositional gypseous binding, proper deformations.

При твердении гипсоцементных композиций обязательно образуется трехсульфатная форма гидросульфалюмината кальция (эттрингит), которая приводит к расширению твердеющего вяжущего и, при достижении определенной величины может привести к его растрескиванию или даже разрушению. Поэтому для этих вяжущих весьма важно определить величину деформаций при твердении в разных условиях и сроки их стабилизации [1].

Ранее [2] нами было разработано высокопрочное композиционное гипсовое вяжущее (КГВ) с прочностью на сжатие 50–70 МПа. В данном исследовании представлена кинетика его линейных деформаций при твердении образцов в разных условиях: воздушно-сухих ($\varphi = 60\text{--}65\%$ и $t = 25\text{--}27\text{ }^\circ\text{C}$), над водой ($\varphi = 95\text{--}98\%$ и $t = 25\text{--}27\text{ }^\circ\text{C}$) и в воде ($t = 25\text{--}27\text{ }^\circ\text{C}$). Измерения проводили на образцах размером $2 \times 2 \times 25$ см, изготовленных из теста с распылом 180–220 мм по Суттарду. После набора распалубочной прочности на торцы образцов при-

клеивали эпоксидным клеем стальные шарики-реперы и помещали в камеру нормального хранения на 24 часа. И только затем начинали отсчет деформаций по индикатору часового типа ИЧ-10, с точностью 0,01 мм. Составы и физико-механические свойства КГВ представлены в табл. 1. Основными компонентами КГВ явились: гипс строительный (Г-6), цемент ПЦ500Д0 (ОАО «Вольскцемент») и АМД: микрокремнезем МК-85 (МК); термически активированная цеолитсодержащая порода (ЦСП-Т), порошок «Биокремнезем» (БК) и алюминатный шлам-отход гальванического производства (ГШ). Содержание гипса варьировалось в интервале 50–62 % от общей массы вяжущего, количество цемента и АМД рассчитывали из условия пуццолановой активности последней [3]. Водоредуцирующая добавка состояла из ЛСТ и Melflux 2651F, количество которой принято по наибольшему водоредуцирующему эффекту [4]. Результаты в виде кинетических кривых исследований представлены на рис. 1–4.

Таблица 1

Основные свойства составов КГВ

Номер состава	Количество АМД, %				АМД/Ц	В/Т	Предел прочности на сжатие при твердении в воде, МПа через сут				Коэффициент размягчения
	МК	БК	ЦСП-Т	ГШ			7*	28	90	180	
1	–	–	6	3	0,22	0,23	55,7	61,6	69,8	64,1	0,89
2	–	–	11	–	0,32	0,24	51,6	48,7	59,1	60,3	0,86
3	–	–	13	–	0,52	0,25	45,4	47,5	52,0	54,6	0,78
4	–	–	20	–	0,80	0,29	42,5	42,0	47,6	51,6	0,75
5	11	–	–	–	0,32	0,22	54,8	65,3	67,2	68,5	0,94
6	–	11	–	–	0,32	0,24	46,9	57,3	60,2	63,7	0,90

* При твердении над водой и высушенные до постоянной массы

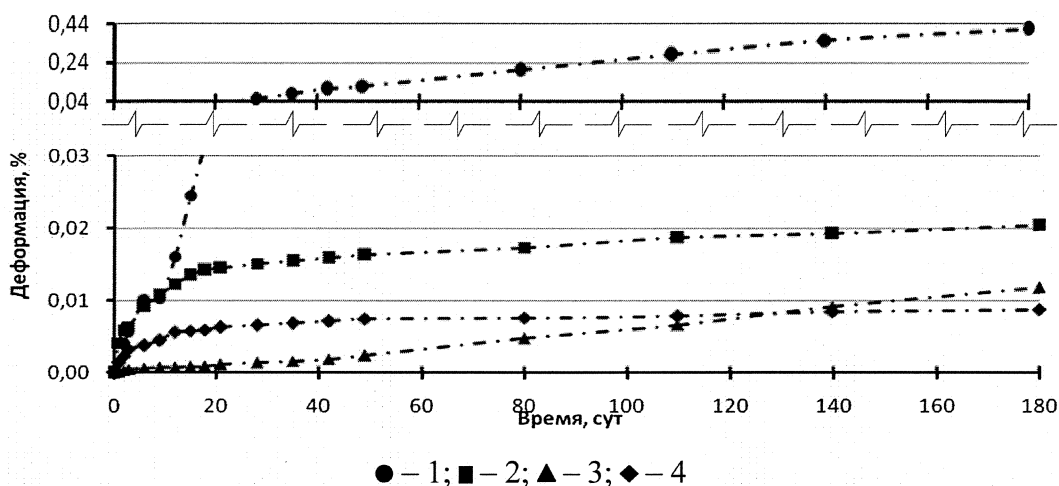


Рис. 1. Влияние количества ЦСП-Т на кинетику изменения собственных деформаций расширения КГ-камня при твердении над водой

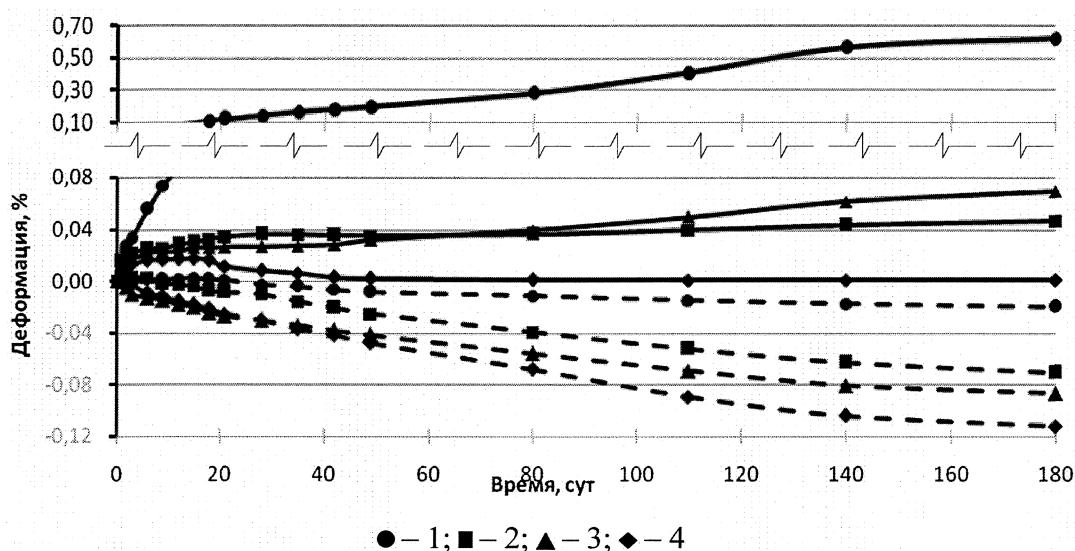


Рис. 2. Влияние количества ЦСП-Т на кинетику изменения собственных деформаций КГ-камня при твердении: в воздушно-сухих условиях (штриховая линия) и в воде (сплошная линия)

Анализ кривых рис. 1 и рис. 2 показывает, что собственные деформации композиционного гипсового камня (КГ-камня) зависят от количества ЦСП-Т и чем ее больше, тем меньше собственные деформации. При этом предел прочности и коэффициент размягчения также снижается (см. табл. 1). Добавка ГШ к ЦСП-Т приводит как к большим деформациям расширения КГ-камня, так и к росту прочности и коэффициент размягчения. Состав с низким АМД/Ц (кривая 1) наиболее подвержен процессу сульфаталюминатного разрушения. Наличие этtringита и увеличение его содержания на 90 сутки твердения в составе 1 подтверждается результатами рентгенофазового анализа (РФА**) (табл. 2). В составах 2 и 3 фаза этtringита обнаруживается, но содержание не увеличивается с течением времени, что согласуется с данными рис. 1 и 2. Дальнейшее увеличение ЦСП-Т (состав 4) приводит к исчезновению этtringита на 90 сутки

твердения, а также к уменьшению деформаций расширения и усадки (кривые 4).

Как видно из рис. 3 и 4, использование МК в качестве АМД приводит к усадке образцов, тогда как ЦСП-Т и БК – к расширению. Подобный характер кривых деформаций наблюдается при твердении КГВ в воде и над водой. И только в воздушно-сухих условиях все составы КГ-камня имеют усадку, которая через 180 суток достигает: с МК на 0,09 %, с БК – 0,08 % и с ЦСП-Т – 0,07 %.

Таким образом, наиболее «жесткими» условиями твердения для КГВ являются водные, а наименее – воздушно-сухие. Эффективной АМД, с позиции стойкости КГ-камня к процессу сульфаталюминатного разрушения по данным РФА и собственных деформаций являются МК и ЦСП-Т. Полученные составы высокопрочного КГВ обладают низким линейным расширением (не более 0,08 %), малой усадкой (не более 0,12 %).

Таблица 2

Кинетика изменения фазового состава

Номер состава	АМД/Ц	Фазовый состав КГ-камня при твердении над водой, через	
		28 суток	90 суток
1	0,22	Гипс, этtringит, кварц, портландит, майенит, бассанит	Изменения только у этtringита, интенсивность пика ($d=9,73; 5,61 \text{ \AA}$) увеличилась
2	0,32	Гипс, этtringит, кварц, бассанит, майенит	Без изменений
3	0,52	Гипс, этtringит, кварц, бассанит	Без изменений
4	0,8	Гипс, кальцит, ангидрит, следы бассанита, этtringита и кварца	Следы этtringита не обнаруживаются, остальное без изменений

** Рентгенографический анализ проводили порошковым методом на дифрактометре D8 ADVANCE (фирма Bruker) с использованием монохроматизированного $\text{CuK}\alpha$ -излучения

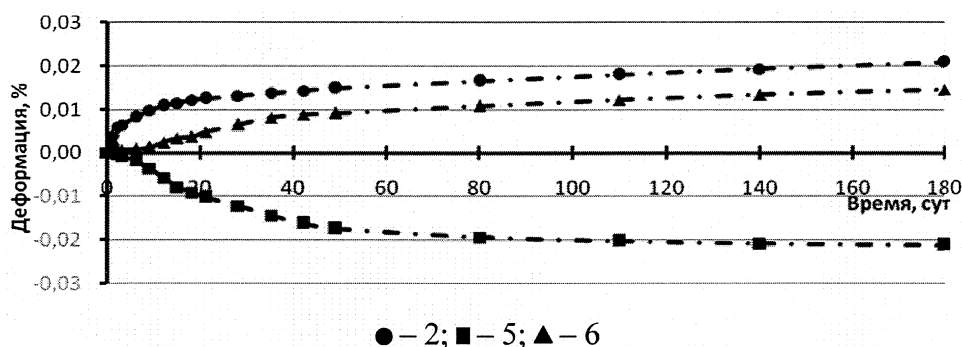


Рис. 3. Влияние вида АМД на кинетику изменения собственных деформаций КГ-камня при твердении над водой

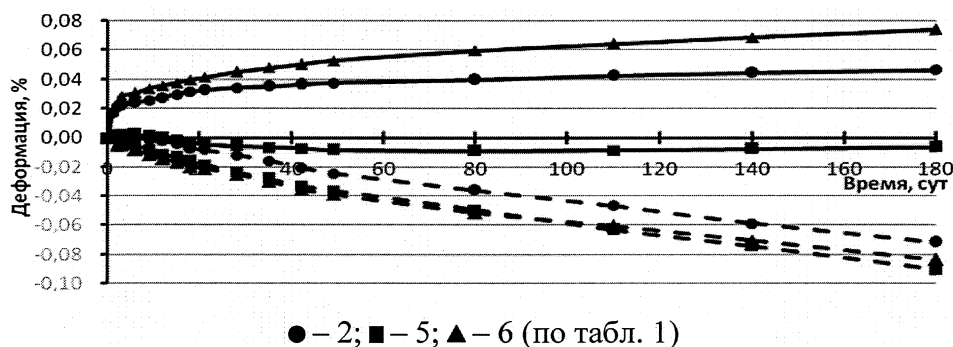


Рис. 4. Влияние вида АМД на кинетику изменения собственных деформаций КГ-камня при твердении: в воздушно-сухих условиях (штриховая линия) и в воде (сплошная линия)

Литература

1. Волженский, А.В. Деформации цементных и гипсоцементнопуццолановых растворов в различных условиях твердения / А.В. Волженский, А.В. Ферронская // Бетон и железобетон. — 1961. — № 12. — С. 549–553.
2. Высокопрочное гипсоцементноцеолитовое вяжущее / Д.Г. Сагдатуллин, В.Г. Хозин, Н.Н. Морозова, В.В. Власов // Строительные материалы. — 2010. — № 2. — С. 53–55.
3. Сагдатуллин, Д.Г. Роль активных минераль-

ных добавок в формировании свойств гипсоцементно-пуццолановых вяжущих / Д.Г. Сагдатуллин, В.Г. Хозин, Н.Н. Морозова // Тезисы докладов республиканской научной конференции. — Казань: КГАСУ, 2009. — С. 130.

4. Сагдатуллин, Д.Г. Реологические характеристики водных суспензий композиционного гипсового вяжущего и его компонентов / Д.Г. Сагдатуллин, Н.Н. Морозова, В.Г. Хозин // Известия КазГАСУ. — 2009. — № 2(12). — С. 263–268.

Поступила в редакцию 1 марта 2010 г.

ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДЕНИЯ АНГИДРИТА В ПРИСУТСТВИИ ИЗВЕСТИ И АСБЕСТА

Д.С. Трунилова, М.С. Гаркави, С.С. Шленкина

PECULIARITIES OF MATURING OF ANHYDRITE IN THE LIME AND MOUNTAIN FLAX PRESENCE

D.S. Trunilova, M.S. Garkavi, S.S. Shlenkina

Представлены результаты исследования по твердению вяжущего на основе природного ангидрита. Показана роль коротковолокнистого асбеста в формировании структуры камня.

Ключевые слова: природный ангидрит, активаторы твердения, асбест.

The research results of binding maturing on the basis of the natural anhydrite are given. The significance of the short-fiber asbestos in the stone structure formation is shown.

Keywords: natural anhydrite, maturing activating agents, asbestos.

Материалы на основе ангидрита имеют многолетний опыт применения в строительстве, причем в последнее время актуальность их использования возрастает. Однако гидратация ангидрита в технически реальные сроки протекает только при использовании технологических приемов, способствующих нарушению координации ионов кальция в кристаллической решетке ангидрита.

Одним из таких приемов является механоактивация, которая обеспечивается при его измельчении в центробежно-ударных мельницах НПА «Урал-Центр» [1].

Согласно [2] на поверхности природного ангидрита преобладают кислотные активные центры, что предопределяет целесообразность использования в качестве химических активаторов щелочные добавки, из которых наиболее эффективны имеющие общий с ангидритом ион Ca^{2+} , т. е. известь, силикаты и алюминаты кальция.

В данной работе в качестве вяжущего использовался природный ангидрит Порецкого месторождения (Чувашия) с содержанием сульфата кальция 85,47 %, а в качестве щелочного активатора твердения применялась тонкодисперсная воздушная известь, дозировка которой изменялась от 1 до 5 % (от массы ангидрита). Добавка извести создает в вяжущей дисперсии щелочную среду – увеличение дозировки извести с 1 до 5 %, как показали проведенные исследования, способствует повышению рН водной вытяжки с 12,7 до 13,1, что способствует усилению гидролиза сульфата кальция, т. е. разрыву связи Ca-SO_4 . Разрыв связи облегчается также за счет воздействия на нее имеющихся в системе свободных носителей заряда. Выполненное электрофизическое исследование процесса

твердения ангидритового вяжущего подтвердило увеличение числа свободных носителей заряда при повышении дозировки извести, что отражается в росте амплитуды электрического сигнала (рис. 1) и закономерно приводит к повышению прочности ангидритового камня в возрасте 28 суток (рис. 2).

Рост числа носителей заряда в вяжущей системе связан не только с растворением активатора, но и с диссоциативной адсорбцией молекул воды на активных центрах твердой фазы, что способствует ускорению процесса твердения ангидрита (см. рис. 1).

К технологическим приемам, способствующим ускорению твердения ангидритового вяжущего, относится использование минеральных добавок, исполняющих роль центров кристаллизации, причем именно поверхностные дефекты являются центрами кристаллизации новой фазы [2, 3]. Следовательно, минеральные добавки для ангидритового вяжущего должны обладать высокой удельной поверхностью с большой концентрацией положительно заряженных активных центров. Этим условиям отвечает коротковолокнистый асбест, который обладает высоким электрокинетическим потенциалом и большой удельной поверхностью (20 м²/г). При контакте с раствором извести электрокинетический потенциал асбеста возрастает в 3 раза, что должно способствовать усилению его взаимодействия с ангидритовым вяжущим и повышению прочности камня. В исследуемую вяжущую дисперсию вводился коротковолокнистый асбест Баженовского месторождения (Урал) в количестве 10 и 30 % (по объему). Как и следовало ожидать, введение асбеста привело к повышению прочности ангидритового камня на 57 % в 28-суточ-

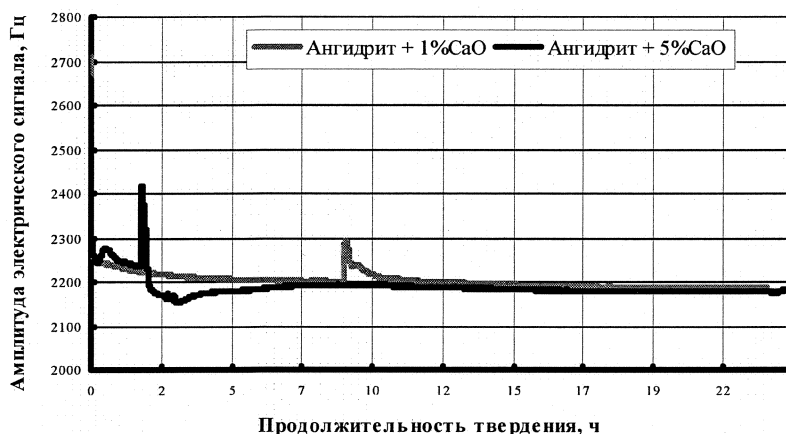


Рис. 1. Кинетика изменения электрического сигнала при твердении ангидритового вяжущего

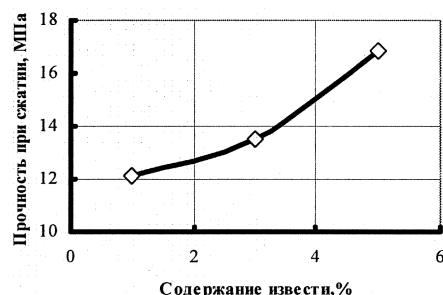


Рис. 2. Влияние дозировки активатора на прочность ангидритового камня

ном возрасте. Прирост прочности ангидритового камня связан с увеличением плотности нарастания кристаллов новообразованного дигидрата на минеральной подложке из коротковолокнистого асбеста (рис. 3).

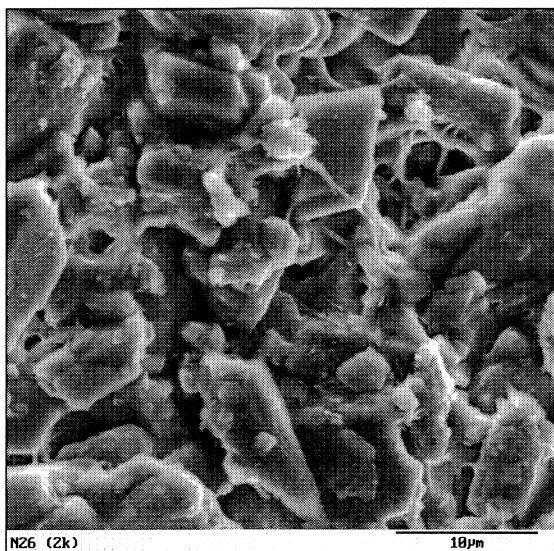


Рис. 3. Микроструктура ангидритового камня с добавкой 30 % асбеста

Армирующим действием асбеста можно пренебречь в связи с малой длиной используемого волокна: длина 4...6 мм, диаметр 26,2 нм. При использовании таких волокон асбеста может иметь место наноструктурирование граничных слоев образующегося дигидрата, что способствует повышению прочности ангидритового камня. Анало-

гичный эффект имеет место при введении в ангидритовое вяжущее углеродных нанотрубок [4], а асбест представляет собой совокупность природных нанотрубок.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при активации природного ангидрита известью за счет ее электрохимического взаимодействия с поверхностью вяжущего достигается ускорение процесса твердения. Введение в ангидритовое вяжущее в качестве минерального наполнителя коротковолокнистого асбеста способствует уплотнению структуры искусственного камня и повышению его прочности.

Литература

1. Шленкина, С.С. Композиционный ангидритовый цемент / С.С. Шленкина, М.С. Гаркави, Х.Б. Фишер // *Материалы 3-й Междунар. науч.-техн. конф. «Центробежная техника – высокие технологии»*. – Минск, 2008. – С. 58–60.
2. Алтыкис М.Г., К вопросу о механизме структурных преобразований гипсовых вяжущих на основе ангидрита $CaSO_4$ в процессе твердения / М.Г. Алтыкис, М.И. Халиуллин, Р.З. Рахимов // *Известия вузов. Строительство*. – 1996. – № 12. – С. 57–61.
3. Мюллер, М. Кондуктометрическое описание процессов взаимодействия сульфатов кальция с водой / М. Мюллер, Х.Б. Фишер // *Гипс, его исследование и применение*. – Красков, 2005. – С. 63–70.
4. Яковлев, Г.И. Газобетон на основе фторангидрита, модифицированный углеродными наноструктурами / Г.И. Яковлев // *Строительные материалы*. – 2008. – № 3. – С. 70–72.

Поступила в редакцию 1 марта 2010 г.

НОВЫЙ СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

С.Г. Головнев, А.Х. Байбурун, Л.А. Беркович

A NEW METHOD OF MONOLITHIC CONSTRUCTIONS BUILDING IN WINTERTIME

S.G. Golovnev, A.H. Baiburin, L.A. Berkovich

Изложена новая технология возведения многоэтажных зданий при отрицательных температурах, защищенная патентом. Показана последовательность теплового воздействия и выдерживания бетона на отдельных этажах зданий, ограничения по допустимым температурным перепадам между поверхностью конструкций и окружающей средой.

Ключевые слова: многоэтажные здания, технология возведения, зимнее бетонирование.

A novel patented technology of building of multistoreyed buildings in the sub-zero temperature is given in the article. The heat impact order and concrete curing in certain building floors limited by the acceptable temperature difference between the constructions surface and environment is shown.

Keywords: multistoreyed buildings, building technology, cold-weather concreting.

Современная технология располагает значительным количеством способов изготовления монолитных железобетонных конструкций в зимнее время, приоритет в разработке которых принадлежит российским и советским инженерам и ученым [1, 2].

Обоснованные в этих и других публикациях принципы зимнего бетонирования, отраженные в нормативных документах, во многом справедливы и сегодня. Однако в большинстве выполненных ранее исследований были предложены способы в основном для массивных конструкций – фундаменты под колонны и оборудование, тоннели и т. п., но почти нет рекомендаций по возведению зданий и сооружений в целом как систем, состоящих из отдельных конструкций. Тем более что за последнее двадцатилетие изменились конструктивные решения зданий из монолитного железобетона, появились новые опалубочные системы, эффективные утеплители и т. п. Вместе с этим в монолитном строительстве отмечаются и негативные факторы, приводящие к снижению качества конструкций, повышению трудоемкости и увеличению сроков производства работ. В конструкциях, возведенных зимой, наблюдаются дефекты в виде трещин, раковин, вызванных отклонениями от требований норм и руководств, прежде всего в части температурных режимов выдерживания.

Как показали длительные наблюдения за сроками возведения современных многоэтажных монолитных зданий, демонтаж опалубок колонн и особенно влияющих на сроки строительства опа-

лубок перекрытий и последующее нагружение конструкций в зимнее время происходит через 100 часов и более после укладки. Это, естественно, приводит к замедлению сроков окончания работ, уменьшает оборачиваемость дорогостоящих опалубочных систем, снижает качественные показатели.

В связи с изложенным, были проведены комплексные исследования [3, 4], целью которых было получение данных по темпам набора прочности тяжелых бетонов современных составов не только при положительных и отрицательных температурах, но и в условиях раннего нагружения. Отличительной особенностью экспериментальных исследований являлось то, что процесс приготовления бетонной смеси имитировал реальные условия и был двухстадийным. Он состоял из стадии дозирования, загрузки и перемешивания компонентов в стационарном смесителе, а затем дополнительном перемешивании в автобетоносмесителе в процессе транспортирования и перед подачей бетонной смеси.

Полученные данные по прочности бетона существенно отличаются от величин, приведенных в справочниках и пособиях. Это и вполне объяснимо, так как последние были опубликованы более 30 лет назад и до последнего времени не уточнялись. Также были установлены возможности термообработки бетонов, подвергшихся замораживанию в раннем возрасте. Раннее нагружение бетонов классов В30-В60 оказывает положительное влияние на физико-механические свойства в зависимости от начальной прочности и температуры

замораживания, времени последующего твердения при положительных температурах.

Выполненный комплекс исследований дал основания для разработки нового способа возведения монолитных зданий в зимнее время [5].

Сущность способа заключается в том, что термообработку и выдерживание монолитных конструкций осуществляют в несколько стадий. На первой стадии, в зависимости от конструктивной схемы здания и типа опалубочной системы, тепловое воздействие осуществляют путем прогрева бетона перекрытий и других конструкций нагревательными устройствами, расположенными либо внутри конструкции, либо внутри опалубочной системы. Термообработка ведется до набора бетоном частичной прочности, после чего опалубка извлекается, и на последующих стадиях продолжают тепловую обработку уже без опалубки, обеспечивая требуемый температурный режим твердения и постепенное снижение температур в конструкциях.

Предварительно осуществляется разбивка на горизонтальные и вертикальные захватки. Если количество горизонтальных захваток обусловлено, в основном, возможностями строительной организации, то вертикальные захватки обеспечивают постепенное снижение температур и соблюдение нормативных требований по скорости охлаждения и допустимым перепадам (рис. 1).

Другой особенностью новой технологии является поярусность выдерживания бетона. Суть ее заключается в следующем. Если на каком-либо этапе, обозначенном символом N , термообработка выполняется двумя способами – греющий провод в перекрытии или калориферы, то на следующем ярусе (на этаже $N-1$) тепло подается в забетонированную ячейку монолитного здания только при помощи калориферов. На еще более низком ярусе (этаж $N-2$) осуществляется дозированное охлаждение бетона (либо за счет регулирования потерь тепла, либо за счет дозированных тепловых импульсов – в зависимости от температуры наружного воздуха). Ярусом ниже (этаж $N-3$) тепло либо не подается, либо подается, в зависимости от климатических условий и условий выполнения других работ.

В разработанном стандарте «Правила выполнения бетонных работ при возведении многоэтажных

ных монолитных гражданских зданий в зимнее время» (ООО «Массив») представлена такая технологическая последовательность. После укладки бетонной смеси в опалубку тепловую обработку ведут до получения бетоном минимальной распалубочной прочности. Эта величина назначается с учетом рекомендаций, изложенных в [3, 4]. Затем прогрев приостанавливают, осуществляют демонтаж опалубочных щитов или объемно-переставной опалубки, сохраняя тепло. Далее продолжают тепловое воздействие уже внутри объема ранее выполненных конструкций. На последних стадиях выдерживания осуществляется постепенное остывание конструкций, зачастую без теплового воздействия на бетон.

Таким образом, эффект достигается за счет поярусной тепловой обработки, а также использования фактора времени. При этом применяются математические зависимости, полученные в виде аналитических выражений, либо графиков или таблиц.

Отличием предлагаемой технологии является и то, что на второй и последующих стадиях выдерживания для уменьшения температурных напряжений применяют мягкие температурные режимы обогрева. Такие режимы хотя и увеличивают время выдерживания, но не влияют на сроки строительства, так как в это время опалубка уже снята и используется на следующей горизонтальной захватке.

Немаловажным преимуществом применения мягких температурных режимов является возможность снижения мощности нагревательных устройств, так как основной расход энергии связан с подъемом температуры. При этом снижаются температурные градиенты в бетоне, и тем самым уменьшается вероятность появления опасных термонапряжений и трещин.

Новый способ по сравнению с известными обладает такими достоинствами:

- тепловая обработка осуществляется до приобретения бетона значительно меньшей распалубочной прочности, что позволяет увеличить оборачиваемость опалубки, сократить сроки строительства;
- применяются мягкие температурные режимы, обеспечивающие снижение установленной мощности и улучшение качества бетона;

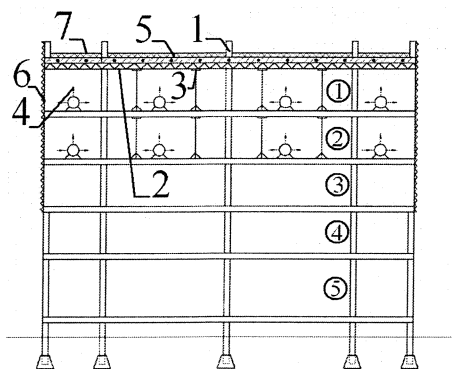


Рис. 1. Поярусная термообработка и выдерживание бетона в конструкциях многоэтажных зданий: 1 – монолитные конструкции; 2 – опалубочная система; 3 – стойки; 4 – калориферы; 5 – греющий провод; 6 – утепленные шторы; 7 – утеплитель; ①–⑤ – ярусы (захватки) термообработки и выдерживания бетона: 1 – зона активной термообработки ($t = 40-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $R_6 > R_{sp}$); 2 – зона выдерживания с обогревом ($t = 20-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $R_6=60-70\%$); 3 – зона регулируемого остывания ($t = 20-0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta t_{ост}$ и $V_{ост}$ по СНиП 3.03.01-87); 4 – зона остывания ($t = 0...-5\text{ }^{\circ}\text{C}$); 5 – зона готовых конструкций

– тепловая обработка осуществляется в несколько стадий поярусно, что позволяет регулировать температурные режимы и требуемую прочность бетона на каждом ярусе в зависимости от темпов возведения здания, температуры наружного воздуха, имеющихся мощностей для прогрева.

Предложенная технология в определенной степени развивает способ раннего нагружения различных конструкций в зимнее время [3]. Сущность которого заключается во взаимосвязи возрастающих технологических нагрузок и темпа изменения прочности бетона на различных этапах возведения здания.

Технология раннего нагружения позволяет частично нагружать конструкции фундаментов, колонн, стен, при достижении бетоном прочности 20–50 %, перекрытий – 40–70 % от проектной. При этом сокращается продолжительность строительства за счет совмещения процессов выдерживания и загрузки, уменьшения времени тепловой обработки бетона. Ранняя распалубка и нагружение значительно повышают эффективность строительства, так как бетонные работы находятся на критическом пути технологического процесса возведения монолитных зданий, а интенсивность работы связана с количеством комплектов и темпом оборачиваемости опалубки. Нагрузка определенной величины, приложенная в раннем возрасте, приводит к уплотнению цементного камня, благоприятному изменению форм и размеров капилляров и микропустот. Как результат перечисленных процессов ускоряется рост прочности бетона, улучшаются его физико-механические характеристики.

Разработанные рекомендации реализованы на объектах города Челябинска и в несколько упрощенном варианте в Казахстане. Так в 2007–2008 годах возводился сборно-монолитный 16-этажный жилой дом в объемно-переставной опалубке. Внутренние монолитные стены и перекрытия изготавливались в едином цикле. Выдерживание монолитных конструкций осуществлялось с помощью греющих проводов, калориферов и теплозащитных штор. В соответствии с ранее полученными рекомендациями, после укладки бетонной смеси класса В30 тепловую обработку вели до приобретения

40% проектной прочности (критической при замерзании). Затем прогрев приостанавливали, снимали несущую опалубку, устанавливали временные стойки и продолжали термообработку до получения прочности 70 % от R_{28} . При этом комплект опалубки высвобождается не через 72 часа (если бы была достигнута прочность 70 %), а через 36 часов.

При низких температурах наружного воздуха (ниже -25°C) для выполнения условий СНиП 3.03.01–87 по ограничению скорости остывания и разности температур бетона наружного воздуха при распалубке следует оставлять утепление на ранее возведенных этажах, как это показано на рис. 1.

При организации четырех захваток на этаже и использовании одного комплекта опалубки (площадью на захватку) общее сокращение сроков строительства составит $(3-1,5) \cdot 4 \cdot 16 = 96$ суток. При нормативной продолжительности строительства монолитных 16-этажных зданий 12–16 месяцев сокращение сроков строительства составит 20–26 %.

Литература

1. Вавилов, М.В. *Зимние строительные работы* / М.В. Вавилов, И.Г. Совалов. – М.: Стройиздат, 1932. – 205 с.
2. Крылов, Б.А. *Вопросы теории и производственного применения электрической энергии для тепловой обработки бетона в различных температурных условиях: автореф. дис. ... д-ра техн. наук* / Б.А. Крылов. – М., 1970. – 32 с.
3. Головнев, С.Г. *Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов* / С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 78 с.
4. Головнев, С.Г. *Технология ускоренного возведения многоэтажных зданий из монолитного бетона* / С.Г. Головнев, Л.А. Беркович // *Академ. вестник УралНИИПроект РААСН*. – 2009. – № 1. – С. 75–77.
5. Пат. 2364690 *Российская федерация. Способ возведения монолитных зданий в зимнее время* / С.Г. Головнев, А.Х. Байбурун, Л.А. Беркович. – Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 августа 2009 г.

Поступила в редакцию 1 марта 2010 г.

Сведения об авторах

АБЫЗОВ Виктор Александрович. К.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы» Южно-Уральского государственного университета. Область научных интересов: фосфатные связующие, жаростойкие бетоны, высокотемпературная теплоизоляция, самораспространяющийся экзотермический синтез. Контактный телефон: 8(351)904-43-24; e-mail: uralniist@mail.ru

АНВАРОВ Аскар Рамилевич. К.т.н., ассистент кафедры «Строительные конструкции» Уфимского государственного нефтяного технического университета. Область научных интересов: долговечность конструкций зданий и сооружений, исследование механизмов коррозии бетона и железобетона. E-mail: Stexpert@mail.ru

АНВАРОВ Булат Рамилевич. Аспирант кафедры «Строительные конструкции» Уфимского государственного нефтяного технического университета. Область научных интересов: долговечность конструкций зданий и сооружений. Исследование механизмов коррозии бетона и железобетона. E-mail: Stexpert@mail.ru

БАЙБУРИН Альберт Халитович. К.т.н., доцент кафедры «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета. Область научных интересов: разработка систем контроля качества. Контактный телефон: (351) 267-91-83; e-mail: tsp@susu.ac.ru

БАТАЛИН Борис Семенович. Д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» Пермского государственного технического университета. Область научных интересов: строительное материаловедение, физика твердого тела, петрография, экологические технологии.

БАТРАШОВ Виктор Михайлович – аспирант кафедры «Сварочное, литейное производство и материаловедение» Пензенского государственного университета, г. Пенза. Область научных интересов: материаловедение, самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Контактный телефон: 8 (412) 36-82-98; e-mail: metal@pnzgu.ru

БЕЛОЗЕРОВА Татьяна Аркадьевна. Старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» Пермского государственного технического университета. Область научных интересов: строительное материаловедение, керамические материалы с использованием техногенных отходов. E-mail: smstf@pstu.ru

БЕРКОВИЧ Леонид Александрович. Генеральный директор холдинговой компании «Массив». Область научных интересов: технология возведения многоэтажных зданий. E-mail: uk_massiv@mail.ru

БРОВОКИНА Наталья Геннадьевна. Аспирант кафедры «Строительные материалы» Алтайского государственного технического университета им.

И.И. Ползунова. Область научных интересов: исследование строительно-технических свойств бетонов, обработанных гидроизоляцией проникающего действия, изучение механизма действия проникающей гидроизоляции. E-mail: filatakulina@yandex.ru

БУРДУН Кирилл Игоревич. Аспирант кафедры «Строительное материаловедение и специальные технологии» Ивановского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: изучение свойств цементного камня алюминатных цементов модифицированных тонкомолотыми добавками и суперпластификаторами, разработка составов жаростойкого бетона на их основе.

БЫКОВ Виталий. Студент Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Область научных интересов: исследование строительно-технических свойств бетонов, обработанных гидроизоляцией проникающего действия, изучение механизма действия проникающей гидроизоляции.

ГАЙДАЙ Максим Федорович. Студент 3 курса Пермского государственного технического университета.

ГАРКАВИ Михаил Саулович. Д.т.н., заведующий кафедрой «Строительные материалы и изделия» Магнитогорского государственного технического университета. Область научных интересов: структурообразование при твердении вяжущих, вяжущие на основе сульфата кальция, нанотехнологии в исследовании дисперсных материалов. E-mail: mgarkavi@mail.ru

ГОЛОВНЕВ Станислав Георгиевич. Д.т.н., заведующий кафедрой «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета. Область научных интересов: интенсивные технологии зимнего бетонирования. Контактный телефон: (351) 267-91-83, e-mail: tsp@susu.ac.ru

ДОМАНСКАЯ Ирина Кузьминична. К.т.н., доцент кафедры «Технология вяжущих материалов и строительных изделий» Уральского государственного технического университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Область научных интересов: теория и практика получения сухих строительных смесей; утилизация высококальциевых зол-уноса в составе строительных материалов. E-mail: domanskaya@e1.ru

ЗИМАКОВА Мария Владиславовна. Аспирант кафедры «Строительные материалы» Тюменского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: разработка методов, приемов утилизации техногенных отходов с применением местного сырья для получения строительных материалов. E-mail: mazimakova@yandex.ru

Сведения об авторах

ИГНАТОВА Ольга Арнольдовна. К.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). Область научных интересов: утилизация отходов промышленности, получение безусадочных композиций. Контактный телефон: 8 (383) 266-42-94; e-mail: oa_ignatova@mail.ru

ИЗОСИМОВ Максим. Студент Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Область научных интересов: исследование строительно-технических свойств бетонов, обработанных гидроизоляцией проникающего действия, изучение механизма действия проникающей гидроизоляции.

ИЛЬИЧЕВА Ольга Михайловна. Младший научный сотрудник ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» (г. Казань). Область научных интересов: взаимосвязь фазово-структурных особенностей неорганических соединений с их свойствами.

КАПУСТИН Алексей Федорович. Аспирант кафедры «Технология вяжущих материалов и строительных изделий» Уральского государственного технического университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Область научных интересов: физико-химическое основы использования золошлаковых отходов теплоэнергетики в производстве цемента.

КАПУСТИН Федор Леонидович. Д.т.н., заведующий кафедрой «Материаловедение в строительстве» Уральского государственного технического университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Область научных интересов: разработка технологий получения строительных материалов и изделий на основе золошлаковых отходов теплоэнергетики. E-mail: dekan@fsm.ustu.ru

КРАМАР Людмила Яковлевна. Д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы» Южно-Уральского государственного университета. Область научных интересов: регулирование свойств магнезиального вяжущего путем введения добавок, получение высокоэффективных магнезиальных материалов, повышение коррозионной стойкости цементных бетонов. E-mail: kramar-l@mail.ru

КРАСИНИКОВА Наталья Михайловна. Доцент кафедры «Технологии строительных материалов, изделий и конструкций» Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: химические добавки для цементных бетонов, ячеистые бетоны. Контактный тел.: (843) 510-47-34.

КУЗНЕЦОВ Алексей Александрович. Технический директор ЗАО «Невьянский цементник».

КУЧУЕВ Евгений Викторович. Аспирант кафедры «Строительные материалы» Ростовского государственного строительного университета. Область научных интересов: ячеистые бетоны. E-mail: evkuch@yandex.ru.

ЛАТЫПОВ Валерий Марказович. Д.т.н., заведующий кафедрой «Строительные конструкции»

Уфимского государственного нефтяного технического университета. Область научных интересов: долговечность конструкций зданий и сооружений, исследование механизмов коррозии бетона и железобетона. E-mail: Stexpert@mail.ru

ЛАТЫПОВА Татьяна Владимировна. К.т.н., доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение» Уфимского государственного нефтяного технического университета. Область научных интересов: долговечность конструкций зданий и сооружений, проектирование инженерных сетей зданий и сооружений. E-mail: Stexpert@mail.ru

ЛЫТКИНА Евгения Владимировна. Аспирант кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). Область научных интересов: изучение влияния природных силикатов магния на свойства материалов на основе магнезиальных вяжущих веществ; исследование влияния древесных и костролитовых отходов производства на свойства материалов на основе композиционных магнезиальных вяжущих веществ. Контактный телефон: 8 (383) 266-42-94; e-mail: jenny_lytkina@rambler.ru

МАХОВЕР Станислав Эдуардович. Студент 3 курса Пермского государственного технического университета.

МАШКИН Николай Алексеевич. Д.т.н., заведующий кафедрой «Строительные материалы и специальные технологии» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). Область научных интересов: теория и технология композиционных материалов с использованием техногенного сырья. Контактный телефон: 8 (383) 266-42-94; e-mail: mashkin@sibstrin.ru

МИХЕЕНКОВ Михаил Аркадьевич. К.т.н., доцент кафедры «Технологии вяжущих материалов и строительных изделий» Уральского государственного технического университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Область научных интересов: механо-химическая активация техногенных отходов и разработка минеральных вяжущих веществ на их основе, разработка технологии и оборудования для производства неавтоклавного пенобетона. E-mail: Silast@mail.ru

МОРОЗОВА Нина Николаевна. К.т.н., доцент кафедры «Технологии строительных материалов, изделий и конструкций» Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: внутренняя коррозия цементных бетонов; эффективные способы ускорения твердения бетонов; расширение сырьевой базы в производстве строительных материалов. E-mail: ninamor@mail.ru

НОВИЧЕНКОВА Татьяна Борисовна. Аспирант кафедры «Производство строительных изделий и конструкций» Тверского государственного технического университета. Область научных интересов: исследование дисперсных систем на осно-

ве техногенных минеральных порошков. E-mail: tanovi.69@mail.ru

ОВЧАРЕНКО Геннадий Иванович. Д.т.н., заведующий кафедрой «Строительные материалы» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Область научных интересов: исследование строительно-технических свойств бетонов, обработанных гидроизоляцией проникающего действия, изучение механизма действия проникающей гидроизоляции.

ПАК Чир Ген. К.т.н., доцент кафедры «Сварочное, литейное производство и материаловедение» Пензенского государственного университета. Область научных интересов: материаловедение, исследования огнеупорных и керамических материалов. Контактный телефон: 8 (412) 36-82-98; e-mail: metal@pnzgu.ru

ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ Виктория Борисовна. К.т.н., доцент кафедры «Производство строительных изделий и конструкций» Тверского государственного технического университета. Область научных интересов: исследование дисперсных систем на основе техногенных минеральных порошков. E-mail: victoria_petrop@mail.ru

ПИМЕНОВ Александр Трофимович. Д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). Область научных интересов: гидро-теплоизоляция ограждающих конструкций, способы производства вяжущих из клинкерного полуфабриката и материалов на их основе. Контактный телефон: 8 (383) 266-42-94.

ПОЛЯНСКАЯ Елена Александровна. Аспирант кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). Область научных интересов: получение безусадочных композиций, использование зол ТЭС в производстве строительных материалов. Контактный телефон: 8 (383) 266-42-94.

ПРОКОПЕЦ Валерий Сергеевич. Д.т.н., заведующий кафедрой «Строительные материалы и специальные технологии» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Область научных интересов: теоретические основы получения дорожных и строительных неоконструктов на основе местных сырьевых ресурсов и отходов промышленности путём направленного формирования заданной структуры материалов гармонизацией нанотехнологических и информационных технологий. E-mail: prokopets_vs@mail.ru

РАГОЗИН Дмитрий Владимирович. Главный технолог ЗАО «Невьянский цементник».

РАДАЕВ Сергей Сергеевич. К.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы» Тюменского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: разработка составов и исследование свойств современных материалов на основе местных сырьевых ресурсов. E-mail: radaew@gmail.com

РЫЧКОВА Оксана Алексеевна. Аспирант кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Область научных интересов: ремонт фальцбетонных покрытий при пониженных температурах воздуха. E-mail: rychkova-oa@yandex.ru

РЯСНАЯ Наталья Зияфатовна. Соискатель кафедры «Строительные материалы» Тюменского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: применение жидкого стекла, извлеченного из опаловых пород в производстве жароупорных бетонов.

САГДАТУЛЛИН Динар Габбасович. Инженер кафедры «Технологии строительных материалов, изделий и конструкций» Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: гипсовые и композиционные гипсовые системы. E-mail: dinar-207@mail.ru

СЕЛЕЗНЁВА Ольга Игоревна. Аспирант кафедры «Строительные материалы» Тюменского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: применение жидкого стекла, извлеченного из опаловых пород в производстве стеновых материалов.

СЕМЕРИКОВ Иван Савельевич. Д.т.н., заведующий кафедрой «Технология вяжущих материалов и строительных изделий» Уральского государственного технического университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Область научных интересов: разработка технологий получения строительных материалов и изделий на основе природного сырья и техногенных отходов.

СЕРЕГИН Геннадий Васильевич. К.т.н., профессор кафедры «Строительное материаловедение и специальные технологии» Ивановского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: изучение модифицированных вяжущих для жаростойких бетонов, разработка составов и технологий производства жаростойких бетонов, внедрение результатов исследований в практику строительства и ремонта тепловых агрегатов. E-mail: llirik7@yandex.ru

ТРОФИМОВ Борис Яковлевич. Д.т.н., заведующий кафедрой «Строительные материалы» Южно-Уральского государственного университета. Область научных интересов: повышение стойкости железобетонных конструкций путем регулирования структуры бетонов за счет модифицирования продуктов гидратации минерального вяжущего для увеличения их дисперсности и стабильности в условиях агрессивного воздействия внешней среды. E-mail: tbya@mail.ru

ТРУНИЛОВА Дарья Сергеевна. Студентка Магнитогорского государственного технического университета. Область научных интересов: вяжущие на основе сульфата кальция.

ФЁДОРОВ Павел Анатольевич. Аспирант, ассистент кафедры «Строительные конструкции» Уфимского государственного нефтяного технического университета. Область научных интересов:

Сведения об авторах

долговечность конструкций зданий и сооружений. Исследование механизмов коррозии бетона и железобетона. E-mail: Stexpert@mail.ru

ФЕДОСОВ Сергей Викторович. Д.т.н., ректор Ивановского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: исследование теоретических основ получения новых строительных материалов, технологий их изготовления, машин и агрегатов для их производства, руководство научными исследованиями в этих направлениях.

ФИЛАТОВ Сергей Федорович. К.т.н., доцент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Область научных интересов: состояние асфальтобетонных покрытий в процессе эксплуатации, разработка способов ремонта асфальтобетонных покрытий.

ХОЗИН Вадим Григорьевич. Д.т.н., заведующий кафедрой «Технологии строительных материалов, изделий и конструкций» Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Область научных интересов: структура и физико-химическая модификация полимеров и минеральных вяжущих.

ШАЯХМЕТОВ Ринат Зуфарович. Ассистент кафедры «Автомобильные дороги и технология

строительного производства» Уфимского государственного нефтяного технического университета. Область научных интересов: получение пигментов строительного назначения из шламов водоочистки. E-mail: rinat30@yandex.ru

ШЛЕНКИНА Светлана Салимуллаевна. К.т.н., младший научный сотрудник кафедры «Строительные материалы и изделия» Магнитогорского государственного технического университета. Область научных интересов: структурообразование при твердении вяжущих, вяжущие на основе сульфата кальция.

ЮНДИН Александр Николаевич. К.т.н., заведующий кафедрой «Строительные материалы» Ростовского государственного строительного университета. Область научных интересов: ячеистые бетоны, композиционные материалы на основе минеральных вяжущих веществ, получаемые пресованием.

ЯКОВЛЕВ Владимир Валентинович. Д.т.н., профессор кафедры «Автомобильные дороги и технология строительного производства» Уфимского государственного нефтяного технического университета. Область научных интересов: изучение коррозии бетона и железобетона в агрессивных жидких и газовых средах.

ABYZOV Victor Aleksandrovich is Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Constructional Materials Department of South Ural State University. Research interests: phosphatic bindings, heat-resistant concrete, highthermal isolation, self-distributing exothermic synthesis. Tel: 8 (351) 904-43-24; e-mail: uralniist@mail.ru

ANVAROV Askar Ramilevich is Cand.Sc. (Engineering), assistant of the Building Constructions Department of Ufa State Petroleum Technological University. Research interests: life of the structures and buildings, analysis of the concrete and reinforced concrete corrosion mechanisms. E-mail: Stexpert@mail.ru

ANVAROV Bulat Ramilevich is a post-graduate student of the Building Constructions Department of Ufa State Petroleum Technological University. Research interests: life of the structures and buildings, analysis of the concrete and reinforced concrete corrosion mechanisms. E-mail: Stexpert@mail.ru

BAIBURIN Albert Halitovich is Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor of the Building Technology Department of South Ural State University. Research interests: development of systems of quality control. Tel: (351)267-91-83; e-mail: tsp@susu.ac.ru

BATALIN Boris Semyonovich is Dr.Sc. (Engineering), Professor of the Building Materials and Special Technologies Department of Perm State Technical University. Research interests: building material and components science, solid state science, petrography, environmental technologies.

BATRASHOV Victor Mikhailovich is a post graduate student at the Welding, Foundry Engineering and Material Science Department of Penza State University. Research interests: material science, self-distributing highthermal synthesis. Tel: 8 (412) 36-82-98; e-mail: metal@pnzgu.ru

BELOZYOROVA Tatiana Arkadievna is a senior lecturer of the Building Materials and Special Technologies Department of Perm State Technical University. Research interests: building material and components science, ceramic materials with the use of technogenic waste. E-mail: smstf@pstu.ru

BERKOVICH Leonid Aleksandrovich is Chief Executive officer of Holding Company "Massiv". Research interests: multistory constructions building technology. E-mail: uk_massiv@mai.ru

BROVKINA Natalia Genndievna is a post-graduate student of the Building Materials Department of Polzunov Altai State Technical University. Research interests: analysis of building and technical properties of concretes conditioned with penetrating waterproofing, analysis of the penetrating waterproofing mechanism. E-mail: filatakulina@yandex.ru

BURDUN Kirill Igorevich is a post-graduate student of the Building Materials and Components Science and Special Technologies Department of Ivanovky State Architectural and Building University. Research interests: study of cement stone properties of aluminous cements modified by floured admixtures and superplasticizing admixtures, development of compositions of heat-resistant concretes on their basis.

BYKOV Vitaly is a student of Polzunov Altai State

Technical University. Research interests: analysis of building and technical properties of concretes conditioned with penetrating waterproofing, analysis of the penetrating waterproofing mechanism.

DOMANSKAYA Irina Kuzminichna is Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor of the Technology of Cementing Materials and Construction Products Department of Ural State University. Research interests: theory and practice of dry packs obtaining; reclaiming of the high-calcium fly ash in the composition of building materials. E-mail: domanskaya@el.ru

FEDOSOV Sergey Viktorovich is Dr. Sc. (Engineering), Rector of Ivanovky State Architectural and Building University. Research interests: study of theoretical bases of new building materials obtaining, technology of their production, machines and units for their production; heading scientific researches in this field.

FILATOV Sergey Fyodorovich is Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Building and Road Usage Department of Siberian State Automobile and Highway Academy. Research interests: condition of the asphaltic concrete carpets during exploitation process, development of methods of asphaltic concrete carpets repairing.

FYODOROV Pavel Anatolievich is a post-graduate student of the Building Constructions Department of Ufa State Petroleum Technological University. E-mail: Stexpert@mail.ru

GAIDAI Maxim Fyodorovich is a third-year student of Perm State Technical University.

GARKAVI Mikhail Saulovich is Dr. Sc. (Engineering), Head of the Building Materials and Products Department of Magnitogorsk State Technical University. Research interests: formation of structure during maturing of bindings, calcium sulphate based maturing, nanotechnologies in dispersion materials research. E-mail: mgarkavi@mail.ru

GOLOVNEV Stanislav Georgievich is Dr.Sc. (Engineering), Head of the Technology of Building Technology Department of South Ural State University. Research interests: high-technologies of the cold-weather concreting. Tel.: (351) 267-91-83; e-mail: tsp@susu.ac.ru

IGANTOVA Olga Arnoldovna is Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor of the Building Materials and Special Technologies Department of Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin). Research interests: industrial waste reclamation, obtaining non-shrink compositions. Tel: 8 (383) 266-42-94; e-mail: oa_ignatova@mail.ru

ILICHYOVA Olga Mikhailovna is a junior researcher at the Federal State Unitary Enterprise, Central Research Institute for Geology of Industrial Minerals (TsNIIgeolnerud), city of Kazan. Research interests: interrelation of the phase and structural features of the inorganic compounds with their properties.

IZOSIMOV Maxim is a student of Polzunov Altai State Technical University. Research interests: analysis of building and technical properties of concretes conditioned with penetrating waterproofing, analysis of the penetrating waterproofing mechanism.

KAPUSTIN Aleksey Fyodorovich is a post-graduate student of the Technology of Cementing Materials and

Сведения об авторах

Building Products Department of Ural State Technical University. Research interests: physical and chemical basics of usage of the ash slag heat power engineering waste.

KAPUSTIN Fyodor Leonidovich is Dr. Sc. (Engineering), Head of the Department of Materials and Components Science in Construction of Ural State Technical University. Research interests: development of technologies of obtaining of building materials and products on the basis of the ash slag heat power engineering waste. E-mail: dekan@fsm.ustu.ru

KHOZIN Vadim Grigorievich is Dr. Sc. (Engineering), Head of the Technologies of Building Materials, Products and Constructions Department of Kazan State University of Architecture and Engineering. Research interests: structure and physicochemical modification of polymers and mineral bindings.

KRAMAR Lyudmila Yakovlevna is Dr. Sc. (Engineering), Professor of the Building Materials Department of South Ural State University. Research interests: property regulation of magnesia cement through introducing admixtures, obtaining of high-performance magnesian materials, increase of cement concrete corrosion stability. E-mail: kramar-l@mail.ru

KRASNIKOVA Natalia Mikhailovna is Associate Professor of the Technologies of Building Materials, Products and Constructions Department of Kazan State University of Architecture and Engineering. Research interests: chemical additions for cement concretes, cell concretes. Tel: (843) 510-47-34.

KUCHUEV Eugeny Victorovich is a post-graduate student of the Building Materials Department of Rostov State Building University. Research interests: cell concretes. E-mail: evkuch@yandex.ru

KUZNETSOV Aleksey Aleksandrovich is the engineering director at the ZAO "Nevyansky Tsementnik" (Close Joint-Stock Company "Nevyansk Cement Plant").

LATYPOV Valery Markazovich is Dr.Sc. (Engineering), Head of the Building Constructions Department of Ufa State Petroleum Technological University. Research interests: life of the structures and buildings, analysis of the concrete and reinforced concrete corrosion mechanisms. E-mail: Stexpert@mail.ru

LATYPOVA Tatiana Vladimirovna is Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor of the Building Constructions Department of Ufa State Petroleum Technological University. Research interests: life of the structures and buildings, design of networks of structures and buildings. E-mail: Stexpert@mail.ru

LYTKINA Eugenia Vladimirovna is a post-graduate student of the Building Materials and Special Technologies Department of Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin). Research interests: analysis of influence of natural magnesium silicate on properties of magnesium cement based materials; analysis of influence of industrial offal timber and boon cast industrial waste on properties of compositional magnesium cement based materials. Tel: 8 (383) 266-42-94; e-mail: jenny_lytkina@rambler.ru

MAKHOVER Stanislav Eduardovich is a third-year student of Perm State Technical University.

MASHKIN Nikolai Alekseevich is Dr.Sc. (Engineering), Head of the Building Materials and Special Technologies Department of Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin). Research interests: theory and technology of compositional materials with the use of technogenic raw material. Tel: 8 (383) 266-42-94; e-mail: mashkin@sibstrin.ru

MIKHEENKOV Mikhail Arkadieovich is Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Technology of Matrix Materials and Constructional Products Department of Ural State University. Research interests: mechanical and chemical activation of technogenic waste and development of the mineral matrix materials on their basis, development of technology and design of equipment for the non-autoclave foam concrete production. E-mail: Silast@mail.ru

MOROZOVA Nina Nikolaevna is Cand.Sc. (Engineering), Associate professor of the Technologies of Building Materials, Products and Constructions Department of Kazan State University of Architecture and Engineering. Research interests: internal corrosion of cement concretes, effective methods of curing; expansion of the raw material base in building materials production. E-mail: ninamor@mail.ru

NOVICHENKOVA Tatiana Borisovna is a post-graduate student of the Production of Construction Products and Constructions Department of Tver State Technical University. Research interests: studying of the disperse systems on the basis of the technogenic mineral fines. E-mail: tanovi.69@mail.ru

OVCHARENKO Gennady Ivanovich is Dr.Sc. (Engineering), Head of the Building Materials Department of Polzunov Altai State Technical University. Research interests: analysis of the building and technical properties of concretes conditioned with penetrating waterproofing, analysis of the penetrating waterproofing mechanism.

PAK Chir Ghen is Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor of the Welding, Foundry Engineering and Material Science Department of Penza State University. Research interests: material science, research of fireproof and ceramic materials. Tel: 8 (412) 36-82-98; e-mail: metal@pnzgu.ru

PETROPAVLOVSKAYA Victoria Borisovna is Associate Professor of the Production of Construction Products and Constructions Department of Tver State Technical University. Research interests: studying of the disperse systems on the basis of the technogenic mineral fines. E-mail: victoria_petrop@mail.ru

PIMENOV Aleksandr Trofimovich is Dr.Sc. (Engineering), Professor of the Building Materials and Special Technologies Department of Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin). Research interests: dampproofing and thermal insulation of building envelopes, modes of production of bonding substance from clinker half-finished goods and materials on their basis. Tel: 8 (383) 266-42-94.

POLYANSKAYA Yelena Aleksandrovna is a post gradient student of the Building Materials and Special Technologies Department of Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin). Research interests: obtaining non-shrink compositions, usage of the ashes of a thermal power plant in production of building materials. Tel: 8 (383) 266-42-94.

PROKOPETS Valery Sergeevich is Dr. Sc. (Engineering), Head of the Building Materials and Special Technologies Department of Siberian State Automobile and Highway Academy. Research interests: theoretical basics of obtaining road and building neocomposites based on the local raw materials and industrial waste by means of purposeful formation of preset structure of materials by harmonization of nanotechnological and information technologies. E-mail: prokopets_vs@mail.ru

RADAEV Sergey Sergeevich is Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Building Materials Department of Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering. Research interests: composition development and investigation of properties of advanced materials on the bases of the local raw material resources. E-mail: radaew@gmail.com

RAGOZIN Dmitry Vladimirovich is the chief production manager at the ZAO "Nevyansky Tsementnik" (Close Joint-Stock Company "Nevyansk Cement Plant"). Research interests: cell concretes, cementing material-based composite materials obtained by means of pressing.

RYASNAYA Natalia Ziyafatovna is a candidate for a degree of the Building Materials Department of Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering. Research interests: application of liquid glass extracted from opaline rock during refractory compressions production.

RYCHKOVA Oksana Alekseevna is a post-graduate student of the Building and Road Usage Department of Siberian State Automobile and Highway Academy. Research interests: asphalt concrete carpet repairing at low atmospheric temperature. E-mail: rychkova-oa@yandex.ru

SAGDATULLIN Dinar Gabbasovich is an engineer of the Technologies of Building Materials, Products and Constructions Department of Kazan State University of Architecture and Engineering. Research interests: gypseous and compositional gypseous systems. E-mail: dinar-207@mail.ru

SELEZNYOVA Olga Igorevna is a post-graduate student of the Building Materials Department of Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering. Research interests: application of liquid glass extracted from opaline rock during walling materials production.

SEMERIKOV Ivan Savelievich is Dr. Sc. (Engineering), Head of the Technology of Cementing Materials and Building Products Department of Ural State

Technical University. Research interests: development of technologies of obtaining building materials and products based on natural raw materials and technogenic waste.

SERYOGIN Gennady Vasilievich is Cand. Sc. (Engineering), Professor of the Building Materials and Components Science and Special Technologies Department of Ivanovky State Architectural and Building University. Research interests: analysis of modified bindings for heat-resistant concretes, development of compositions and production technologies of heat-resistant concretes, implementation of the research results into construction practice and thermal generating units maintenance. E-mail: llirik7@yandex.ru

SHAYAKHMETOV Rinat Zufarovich is an assistant of the Highways and Technology of Building Production Department of Ufa State Oil Technical University. Research interests: obtaining of building purpose colours from wastewater purification sludges. E-mail: rinat30@yandex.ru

SHLENKINA Svetlana Salimullaevna is Cand. Sc. (Engineering), junior researcher of the Building Materials and Products Department of Magnitogorsk State Technical University. Research interests: formation of structure during maturing of bindings, calcium sulphate based binding.

TROFIMOV Boris Yakovlevich is Dr. Sc. (Engineering), Head of the Building Materials Department of South Ural State University. Research interests: reinforced concrete structures hardening through regulation of the concrete structures due to modification of hydration products of the cementing material for the purpose of their dispersity and stability in conditions of the aggressive action of the external medium. E-mail: tbya@mail.ru

TRUNILOVA Daria Sergeevna is a student of Magnitogorsk State Technical University. Research interests: calcium sulphate based bindings.

YAKOVLEV Vladimir Valentinovich is Dr. Sc. (Engineering), Professor of the Highways and Technology of Building Production Department of Ufa State Oil Technical University. Research interests: research of concrete and reinforced concrete corrosion in aggressive liquid and gaseous media.

YUNDIN Aleksandr Nikolaevich is Cand. Sc. (Engineering), Head of the Building Materials Department of Rostov State Building University. Research interests: cell concretes, cementing material-based composite materials obtained by means of pressing.

ZIMAKOVA Maria Vladislavovna is a post-graduate student of the Building Materials Department of Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering. Research interests: development of methods and modes of technogenic waste reclaiming with the use of the local raw materials for building materials obtaining. E-mail: mazimakova@yandex.ru

ТРЕБОВАНИЯ К ПУБЛИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ

1. В редакцию предоставляется печатный вариант статьи и ее электронная версия (документ Microsoft Word), экспертное заключение о возможности опубликования работы в открытой печати, сведения об авторах (Ф.И.О., место работы, ученая степень, звание и должность, контактная информация (телефон, e-mail)).

2. Один автор может опубликовать в одном сборнике не более двух статей.

3. Структура статьи: УДК, название, список авторов, аннотация (не более 500 знаков), список ключевых слов, текст работы, литература (ГОСТ 7.1–2003). На отдельной странице приводятся название, аннотация, список ключевых слов и сведения об авторах на английском языке.

4. Параметры набора. Поля: зеркальные, верхнее – 23, нижнее – 23, левое – 22, правое – 25 мм. Шрифт – Times New Roman, кегль – 14. Отступ красной строки 0,7 см, интервал между абзацами 0 пт, межстрочный интервал – полуторный. Рисунки и схемы должны быть сгруппированы и иметь названия.

5. Адрес редакции научного журнала «Вестник ЮУрГУ» серии «Строительство и архитектура»: Россия, 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, Южно-Уральский государственный университет, ауд. 612. Тел./факс (351) 267-91-71, ответственному редактору профессору Асташкину Владимиру Михайловичу, ответственному секретарю Кравченко Татьяне Александровне.

6. Полную версию правил подготовки рукописей и пример оформления можно загрузить с сайта ЮУрГУ (<http://www.susu.ac.ru>), следуя ссылкам: «Научные исследования», «Издательская деятельность», «Вестник ЮУрГУ», «Серии».

7. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

ВЕСТНИК ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 15(191) 2010

**Серия
«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»
Выпуск 10**

Редактор Е.П. Павлухина
Компьютерная верстка С.В. Буновой

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 07.04.2010. Формат 60×84 1/8. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 8,25. Уч.-изд. л. 8,13. Тираж 500 экз. Заказ 103/213.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.