

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

Подписаться на журнал «Строительные материалы»® можно на почте

6 номеров журнала «Строительные материалы»® +  Подписной индекс по объединенному каталогу «Пресса России» **70886** 

6 номеров журнала «Строительные материалы»® +  Подписной индекс по объединенному каталогу «Пресса России» **87723** 

6 номеров журнала «Строительные материалы»® +  Подписной индекс по каталогу агентства «РОСПЕЧАТЬ» **79809** 

6 номеров журнала «Строительные материалы»® +  Подписной индекс по каталогу агентства «РОСПЕЧАТЬ» **20461** 

6 номеров журнала «Строительные материалы»® +  Подписной индекс по каталогу «Издания органов научно-технической информации» **61970** 

СОДЕРЖАНИЕ

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

Журнал зарегистрирован
Министерством РФ по делам
печати, телерадиовещания
и средств массовой информации
ПИ №77-1989

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:
РЕСИН В.И.
(председатель)

БАРИНОВА Л.С.
БУТКЕВИЧ Г.Р.
ВАЙСБЕРГ Л.А.
ВЕДЕРНИКОВ Г.В.
ВЕРЕЩАГИН В.И.
ГОРИН В.М.
ГОРНОСТАЕВ А.В.
ГРИДЧИН А.М.
ГУДКОВ Ю.В.
ЖУРАВЛЕВ А.А.
КОВАЛЬ С.В.
КОЗИНА В.Л.
ЛЕСОВИК В.С.
ПИЧУГИН А.П.
СИВОКОВ В.С.
ФЕДОСОВ С.В.
ФЕРРОНСКАЯ А.В.
ФИЛИППОВ Е.В.
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

Авторы
опубликованных материалов
несут ответственность
за достоверность приведенных
сведений, точность данных
по цитируемой литературе
и за использование в статьях
данных, не подлежащих
открытой публикации

Редакция
может опубликовать статьи
в порядке обсуждения,
не разделяя точку зрения автора

Перепечатка
и воспроизведение статей,
рекламных
и иллюстративных материалов
возможны лишь с письменного
разрешения главного редактора

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:

Россия, 127434, Москва,
Дмитровское ш., д. 9Б
Телефон: (926) 833-48-13
Тел./факс: (495) 976-22-08
(495) 976-20-36
E-mail: mail@rifsm.ru
http://www.rifsm.ru

Нерудные строительные материалы

А.А. ЖУРАВЛЕВ

**Состояние промышленности нерудных строительных материалов
и перспективы ее развития** 4
Приведена динамика производства НСМ по видам и цен на них за период 2000–2006 гг. в
среднем по России. Сформулированы основные задачи, стоящие перед промышленностью НСМ.

А.А. ГОРЛЯКОВ

**Повышение производительности дробильно-сортировочных заводов
за счет уменьшения выхода отсевов дробления** 8
Для повышения производительности ДСЗ предложены технологические схемы с дробильным
оборудованием различных производителей.

В.А. ПАВЛОВ

Аникинский ГОК: работа в новых условиях 12

В.М. ЮМАШЕВ, А.А. МАТРОСОВ, Ф.В. ПАНФИЛОВ

Щебень для строительства автомобильных дорог и аэродромов 14
Показано, что для устройства щебеночного основания дорог методом заклинки в качестве
основного материала может быть использован щебень фракции 25–60 мм из карбонатного
сырья и гравийно-песчаных материалов, обогащенных по прочности.

М.Г. МАЗУС

**Панельные фильтры ООО «МГБ Фильтр» – оптимальное решение
обеспыливания силосов и расходных бункеров** 17
Приведено сравнение различных типов фильтров с разработанными панельными фильтрами
ООО «МГБ Фильтр», показано преимущество последних.

**Международная научно-практическая конференция «Научные исследования,
наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии»** (информация) .. 18

Научно-практическая конференция по химии и технологии цемента (информация) .. 20

Три принципа бизнеса SABO (информация) 22

**Фирма ЛИНГЛ принимает вызов: модернизация
кирпичного производства Janinhoff («Янинхофф»)** (информация) 25

Измельчение и классификация

С.В. ФЕДОСОВ, В.Е. МИЗОНОВ, В.А. ОГУРЦОВ

Моделирование классификации полидисперсных материалов на виброгрохотах 26
Предложена математическая модель классификации, описывающая кинетику извлечения
подрешетного продукта. Модель построена на основе уравнения конвективной диффузии,
записанного для отрезка переменной длины.

С.В. ДУГУЕВ, В.Б. ИВАНОВА

Тонкое и сверхтонкое измельчение твердых материалов – путь к нанотехнологиям .. 29
Представлен процесс особо тонкого измельчения материалов – механохимической активации
как способ твердофазного синтеза. Дана классификация измельчителей по способу измельчения.

В.С. БОГДАНОВ, Ю.М. ФАДИН, С.С. ЛАТЫШЕВ, Д.В. БОГДАНОВ, И.С. СЫРОВАТКИЙ

**Синтез уравнения кинетики измельчения для шаровых мельниц
с внутримельничным рециклом** 32
На основании полученных уравнений регрессии синтезировано уравнение кинетики измельчения
в шаровых барабанных мельницах, учитывающее технологические особенности и режимы
процесса измельчения.

В.А. ОГУРЦОВ

**Стохастическая модель распределения проходных частиц
в слое сыпучего материала при виброгрохочении** 38

Предложена математическая модель классификации, описывающая распределение проходных
частиц по высоте грохотимого слоя в различные моменты времени. Модель была апробирована
на лабораторном плоском виброгрохоте, и было получено хорошее соответствие расчетных
и экспериментальных данных.

В.Ю. МУРОГ, П.Е. ВАЙТЕХОВИЧ, О.А. ПЕТРОВ

Определение энергозатрат на домол цемента в дисмембраторе 40
Выведены эмпирические зависимости, позволяющие оценить удельные энергозатраты на получение тонкодисперсных цементов, их механоактивацию в установках дезинтеграторного типа (дисмембраторах) и прогнозировать дисперсность цемента при домоле.

Л.А. УРХАНОВА, А.Э. СОДНОМОВ

Регулирование физико-механических свойств композиционных материалов механохимической активацией вяжущих 42
Приведены результаты физико-химических методов исследований, подтверждающие протекание твердофазных реакций при измельчении бесклинкерных вяжущих композиций – известково-кремнеземистых, композиционных алюмосиликатных, позволяет не только увеличить скорость гидратации и твердения, но ускорить структурообразование и повысить активность вяжущих композиций.

Методы испытаний материалов

В.П. ЕРЕМЕНКО

Экспериментальные параметры одиночных импульсов акустической эмиссии в бетоне 44
Даны результаты исследований акустической эмиссии при разрушении бетона. Проведенный анализ параметров одиночных импульсов АЭ позволяет сформулировать основные требования к методике регистрации импульсов и обеспечивает одновременно эффективное решение двух методических измерительных задач определения количества разрушенных связей в единице объема материала; снижения уровня риска ошибки регистрации «ложных» импульсов и пропуска импульсов за счет эффекта маскировки АЭ.

Оборудование и технологии

Б.П. ТАРАСЕВИЧ

Технологическая линия Verdes-Ingicer-Solincer на заводе «Ключищенская керамика» в Татарстане 48
Представлен ассортимент продукции, который планируется выпускать на ООО «Ключищенская керамика». Поагрегатно описана технологическая линия, спроектированная специалистами испанской фирмы «Вердес». С помощью специальных видов оборудования и дополнительных технологических переделов удается добиться выпуска продукции надлежащего качества.

Материалы и конструкции

Г.М. КОНДРАШОВ

Повышение долговечности бетона электрорезонансной пропиткой водными дисперсиями полимеров 54
Представлены новые способы, технологии и материалы для пропитки свай электрофизическими методами, покрытий ростверков и полимерноцементные составы для полов.

В.Т. ЕРОФЕЕВ, Е.А. МИТИНА, А.А. МАТВИЕВСКИЙ, А.К. ОСИПОВ, Д.В. ЕМЕЛЬЯНОВ, П.В. ЮДИН

Композиционные строительные материалы на активированной воде затворения 56
Показано, что получать активированную воду затворения возможно с применением электромагнитно-волновых аппаратов водоподготовки. Применение для затворения композиционных материалов активированной воды способствует интенсификации процессов структурообразования, а также позволяет получать композиты с улучшенными физико-техническими и эксплуатационными свойствами.

В.И. КАСАТКИНА, С.В. ФЕДОСОВ, М.В. АКУЛОВА

Влияние механомагнитной активации водных систем на свойства бетона 58
Механомагнитная активация водных систем, используемых для формирования бетона, способствует существенному улучшению характеристик бетона. На 25% повышается осадка конуса; более, чем на 30% повышаются прочности при изгибе и сжатии. Такая обработка способствует существенному росту морозостойкости бетона.

Д.С. ЗЕЛЕНКОВ, Н.А. ПОЛУХИНА, В.В. ПОДТЕЛКОВ

Получение поризованных бетонов на тяжелых заполнителях 60
Показана возможность получения поризованных бетонов на тяжелых заполнителях путем использования химических газообразователей в комплексе со стабилизирующей добавкой ПО-ПБ-7. Приведены закономерности влияния ХГО на плотность и прочность при сжатии исследуемых систем. Получены материалы с широким диапазоном плотности и прочности, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 25820–2000.

А.Ю. ПАНИЧЕВ, Г.Г. ПАНИЧЕВА, А.Н. ГНЕЗДИЛОВ, И.А. КОЛЕСНИЧЕНКО, А.В. РЕТУНСКИЙ

Применение пеносиликата из мартеновского шлака в строительных материалах 62
Исследовано применение пеносиликата в производстве безобжигового кирпича, стеновых блоков и неавтоклавнога газобетона, показана возможность частичной замены цемента на смесь строительного гипса и пеносиликата после помола в шаровой мельнице.

В.М. ГОМЕНЮК, Д.В. ЛАВРЕНИН, Н.А. МЕРКИН, Б.В. ПИСАРЕВ, И.А. НЕКРАСОВА

Новый минеральный конструкционно-теплоизоляционный материал КОНТУР 64
Представлен пеностеклокерамический ЛЭЭЭНДТ-материал КОНТУР. Описана технология и свойства. Приведены экономические показатели производства.

А.А. БУЗЕНИУС, В.С. ПРОКОПЕЦ, С.Ф. ФИЛАТОВ

Ремонт асфальтобетонных покрытий в зимних условиях с применением жидкостекольных смесей 67
Выполнен анализ методов ремонта асфальтобетонных покрытий. Предложен метод ремонта покрытий с применением жидкостекольных смесей. Приведены составы смесей и технологическая последовательность рабочих операций.

П.А. АРИФОВ, В.И. АНДРОНОВА, К.Ф. ТАДЖИЕВ, Ш.П. АРИФОВ

Вспучивающиеся огнезащитные краски серии ВПК 70

Представлены вспучивающиеся огнезащитные краски на основе вермикулита и вер-микулитового концентрата месторождения Тебинбулак, которые обеспечивают по-лучение трудновоспламеняемой древесины по ГОСТ 30402-96 и относятся к первой группе Г1 огнезащитной эффективности по ГОСТ 30244-94. Разработан технологи-ческий регламент по их получению и применению. Проведено опытно-экспериментальное внедрение.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® № 10

приложение к научно-техническому журналу «Строительные Материалы» №11-2007 г.

Подписка на журнал «Строительные материалы» с приложением «Строительные материалы: technology» осуществляется по индексам:

70886 каталог «Пресса России»

79809 каталог агентства «Роспечать»

СОДЕРЖАНИЕ

Д.А. КИСЕЛЕВ

Автоматизированное производство изделий из неавтоклавного пенобетона с резательным комплексом 2

Рассматриваются вопросы совершенствования технологии неавтоклавного пенобетона по критерию повышения стабильности параметров качества. Разработаны составы неавтоклавного пенобетона с использованием золы-уноса ТЭЦ с комплексом модифицирующих добавок, позволяющих получать изделия, соответствующие требованиям ГОСТов, с экономией цемента более 30%.

И.И. ШАХОВ, Н.К. ПОЗДНЯКОВА, А.А. ДОРОЖКИН

Блочная футеровка вагонеток туннельных печей для обжига керамических изделий . . . 4

Приведены сравнительные характеристики материалов для изготовления блочной футеровки печных вагонеток, показано, что наиболее эффективной является комбинированная изоляция из плит из силиката кальция с вермикулитобетоном. Описаны конструкция футеровки, технология ее монтажа и опыт применения на ряде заводов.

Е.В. МАШКИНА

Комплексное решение проблемы повышения качества кирпича из сибирских лессовидных суглинков 7

Рассмотрены способы повышения качества керамических изделий. Исследовано влияние механической, механохимической, механотермической и ударно-волновой активации лессовидных суглинков Западно-Сибирского региона на свойства керамического кирпича.

М.А. ГОНЧАРОВА

Проектирование и подбор оптимальных составов жаростойких шлакобетонов 10

Приведены составы жаростойких бетонов на основе высокоглиноземистого цемента и портландцемента с использованием отходов металлургической промышленности – гранулированного доменного шлака, литого шлакового щебня, шлаковой пемзы, а также гидрата глинозема и тонкомолотого шамота.

Ю.М. ТИХОНОВ, И.В. КОЛОМИЕЦ, А.С. МАКБУЗОВ

Вермикулит Каратас-Алтынтасского месторождения и технология его обжига 14

Объект исследования – одно из крупнейших месторождений вермикулита в Евразии – Каратас-Алтынтасское (Западный Казахстан). Исследовалась вермикулитосодержащая порода. Определены физико-химические свойства породы, а также строительные свойства вспученного вермикулита и обожженной вермикулитовой породы. Разработана и внедрена так называемая сухая схема производства вермикулита.

А.И. НИЖЕГОРОДОВ

Некоторые аспекты технологии подготовки и обжига вермикулитовых концентратов в электрических печах 16

Рассмотрена экономическая и технологическая целесообразность дополнительного фракционирования вермикулитовых концентратов. Приведены направления оптимизации опытно-промышленной печи с целью повышения эффективности и надежности работы.

Гарантированный успех Унифлекса 18

Приведены характеристики и области применения многофункционального СБС-модифицированного битумно-полимерного наплавляемого кровельного и гидроизоляционного материала Унифлекс.

О.А. ЛУКИНСКИЙ

Гидрозащита подземных переходов 20

Показаны основные виды дефектов герметичности подземных переходов, их последствия и технология устранения.

И.П. ШИДЛОВСКАЯ

Известь для охраны окружающей среды 21

Рассматриваются требования к извести, используемой для кондиционирования водной среды при производстве черновой меди и серной кислоты на Медногорском медно-серном комбинате. Приводится технология обжига извести.

Состояние производства вспенивающегося полистирола в России и странах СНГ 22

Рассмотрены основные технологии получения вспенивающегося полистирола. Дан анализ рынка его производства в России и странах СНГ за 1970–2007 гг., а также свойств импортируемого материала.

Не забудьте оформить подписку своевременно!

Тел: (926) 833-48-13 Телефон/факс: (495) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru www.rifsm.ru

У
Б
О
|
О
|
О
|
У
|
С
|
Е
|
Т



А.А. ЖУРАВЛЕВ, президент ассоциации «Недра» (Москва)

Состояние промышленности нерудных строительных материалов и перспективы ее развития

Объем производства нерудных строительных материалов (НСМ) в России в последние годы устойчиво возрастает (табл. 1). Основными потребителями НСМ являются производители бетона и строители автодорог. По данным ведущих институтов (НИИЖБ, СоюздорНИИ, Гипротранспуть), они потребляют примерно по 45% НСМ, производимых в России. В зависимости от объемов финансирования национальных проектов доля каждого потребителя может изменяться.

За последние 15 лет соотношение между различными видами НСМ изменялось. С начала 90-х гг. прошлого века доля щебня росла и достигла 56% (2002 г.).

Наиболее интенсивно продолжает увеличиваться производство щебня из изверженных пород, особенно щебня 1-й и 2-й групп. Резко сократилась реализация переработанной песчано-гравийной смеси, поскольку предприятия стремятся реализовать более дорогую продукцию, получаемую в результате переработки минерального сырья. Возрастает объем потребления материалов из отсевов дробления, что можно оценить как положительный фактор. Хотя из 40–45 млн м³ производимых отсевов дробления находит покупателей 10–12% (оценка ВНИПИИстромсырье).

Начиная с 2004 г. доля щебня снизилась, несмотря на рост объема его производства. Такое изменение не соответствует мировым тенденциям. Поэтому возникает сомнение в достоверности отчетности. Например, в США доля щебня, производимого только из скальных пород, составляет более 55%. Причем средняя в США цена на щебень из скальных пород незначительно отличается от усредненной цены на гравий, к которому относятся и щебень из гравия, и песок (соответственно 6,17 и 5,57 USD/т; данные за 2005 г.) [1].

Один из актуальных для промышленности НСМ вопросов – сохранение качества произведенной продукции. Потребители высказывают претензии по поводу закругления фракций щебня. Нередки случаи пре-

вышения установленных ГОСТами значений содержания в продукции пылевидных и глинистых частиц, зерен слабых пород. Во всем мире остается нерешенной проблема выделения или разрушения комков пластичной глины.

Качество произведенной продукции может ухудшаться и при ее складировании:

- во время образования штабелей у производителей и потребителей;
- при перемещении материала на складах бульдозером;
- при переэкскавации в пределах промплощадки.

В перечисленных случаях за счет трения частиц и их разрушения образуется пыль, изменяется гранулометрический состав продукции, происходит сегрегация по крупности.

Склады карьеров и заводов ЖБИ нуждаются в реконструкции. Результаты обработки данных ряда проектов, выполненных ВНИПИИстромсырье, показали, что доля затрат по отгрузке НСМ нередко превышает 1/3 затрат на переработку горной массы на ДСЗ. Первым этапом реконструкции складского хозяйства должна стать замена экскаваторов одноковшовыми погрузчиками. Это позволит не только кардинально изменить технологию складирования, но и снизить ресурсоемкость процесса, повысить производительность труда.

Значительный объем НСМ потребляют заводы ЖБИ. Они используют в основном щебень двух фракций и песок одной фракции. Поскольку многие заводы ЖБИ расположены на территории города, площадь их складов ограничена. Как правило, разместить на складах больше трех видов заполнителей оказывается затруднительным. Сложившееся положение препятствует совершенствованию технологии за счет варьирования сочетанием состава фракций. Следствие этого – отсутствие массового спроса на поставку щебня, гравия и песка большего числа фракций и их смесей, что не стимулирует проведения модернизации на карьерах. Более

Таблица 1

Динамика производства НСМ в России (данные Росстата)

Материалы	Годы				
	2000	2003	2004	2005	2006
НСМ, млн м ³	157	211	259	270	317
В том числе в % от общего выпуска					
Щебень	55	53	45	49	46
Гравий	3	3	3	2	2
Песок строительный	23	28	37	34	37
Песчано-гравийная смесь	14	11	9	9	10
Камень бутовый	2	1	2	2	2
Материалы из отсевов дробления	3	4	4	4	3

Таблица 2

Год	Финансирование строительства по отношению к декабрю [3], %											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2005	28	33	46	49	54	66	71	75	80	79	82	100
2006	39	43	52	55	62	74	79	84	86	81	84	100

Таблица 3

Наименование	Индексы цен по отношению к прошедшему году [4], %						
	Годы						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Среднее
Щебень и гравий	146	120	116	112	108	104	118
Песок строительный	135	120	111	123	115	109	119
Сборный железобетон	133	117	118	119	115	118	120
Цемент	150	124	121	127	114	118	126
Полезные ископаемые, кроме топливно-энергетических	120	121	119	121	138	106	121
Машины и оборудование	131	117	111	110	114	110	116

Таблица 4

Период	Динамика цен на НСМ на рынке Москвы						
	Щебень из изверженных пород		Щебень из гравия		Щебень из известняка		Песок строительный
	5–20	20–40	3–10	5–20	5–20	20–40	
Цены в процентах к 01.01.05							
01.01.05	100	100	100	100	100	100	100
01.01.06	114	110	–	121	113	107	–
01.01.07	136	121	124	133	131	126	176
01.10.07	152	148	148	144	146	141	182
Соотношение между ценами на НСМ, за 100% принята цена на щебень из изверженных пород							
01.01.05	100	0,97	0,92	0,94	0,71	0,74	0,31
01.10.07	100	0,94	0,9	0,89	0,68	0,67	0,37

того, наметившийся дефицит в некоторых видах строительных материалов, в том числе НСМ, вынуждает потребителей снижать требования к качеству продукции.

Мировой опыт убедительно показывает достоинства использования широкого диапазона фракций НСМ. Поэтому в развитых государствах существует достаточно высокий спрос на разнообразные фракции щебня, гравия, песка и их смесей. В Европе кроме узких фракций в соответствии с новым европейским стандартом EN 12620 продолжают выпускать иные фракции. Узкие фракции в нашей стране в наибольшей степени востребованы строителями автодорог. Производители бетона используют в основном две фракции: 5–10 и 10–20 мм и смесь фракций 5–20 мм [2]. Отечественные предприятия также стали расширять номенклатуру НСМ; некоторые карьеры выпускают 10 и более видов НСМ.

Значительные трудности предприятиям создает неравномерность финансирования строительных программ. В течение десятилетий первый квартал недофинансируется, а максимум финансовых средств поступает в декабре (табл. 2). Это сказывается на объемах выпуска продукции, нерациональной загрузке мощностей предприятий. Остается надеяться, что с введением в

стране трехлетних финансовых планов произойдет постепенное выравнивание перечисления средств на выполнение конкретных работ. Ведь каждое предприятие должно определиться с планами выпуска продукции по месяцам и с режимом работ, рассматривать возможность увеличения емкости складов на период спада спроса на продукцию в зимний период. И как результат решать вопросы омертвления оборотных средств и получения кредитов. Особенно болезненно этот вопрос решается, когда предприятия отгружают продукцию на водный транспорт, поскольку в межнавигационный период предприятия работают с убытками.

В настоящее время цена на НСМ не в полной мере отражает издержки производства, сильно отличающиеся на разных предприятиях. Рост цен на НСМ (Росстат имеет данные только по указанным видам продукции) практически соответствует росту в других отраслях промышленности (табл. 3). Для сравнения приводятся цены на НСМ, складывающиеся на московском рынке (табл. 4). Заметна тенденция в опережающем росте цен на щебень из изверженных пород и щебень мелких фракций. Резкое увеличение цены на песок, вероятно, объясняется ростом объемов дорожного строительства.

Таблица 5

Строительные объекты	Использование карбонатного щебня, %*
Автодороги: асфальтобетон дорожное полотно	7 28,2
Строительство бетон здания	7,5 27,7
Прочие	29,6

* Данные по шт. Огайо, США [5].

Таблица 6

Страна	Индексы цен за период январь–ноябрь 2006 г. [7]		
	Продукция горно-добывающей промышленности	Машины и оборудование	Строительные материалы
Азербайджан	114	107	110
Армения	–	–	105
Беларусь	–	–	105
Грузия	–	–	104
Казахстан	120	111	105
Кыргызстан	105	110	–
Молдова	134	113	118
Россия	120	109	111
Таджикистан	–	–	113
Украина	110	106	104

На цену влияют случайные факторы. Один из них, значение которого до сих пор не преодолено, – недостаточная компетентность хозяев и руководителей заводов ЖБИ и строительных организаций. Предприятия-потребители часто без достаточных оснований стремятся заменить щебень из гравия и осадочных пород более дорогим щебнем, производимым из изверженных пород, хотя известно о массовом использовании карбонатного щебня в других странах в качестве балласта для железнодорожных путей и изготовления асфальтобетона (табл. 5).

Важным фактором, определяющим цену продукции у потребителя, являются тарифы на перевозку и цена дизтоплива. В зависимости от тарифов экономически оправданные расстояния доставки различных НСМ изменяются. В России и за рубежом сложилось мнение, определяющее психологический барьер: предел расстояния доставки – удвоение стоимости продукции. По этой причине расстояние перевозки щебня автотранспортом, как и во многих странах, редко превышает 60 км. Хотя щебень 1-й и 2-й групп из изверженных пород перевозят по железной дороге на расстояние 1 тыс. км, а в отдельных случаях 2 тыс. км. Этим объясняется возможность закупки так называемого гранитного щебня на Украине и в Белоруссии (по данным Росстата, объем импорта в 2005 г. составил 7,1 млн т по сравнению с 6,1 млн т в 2002 г. [6]).

Изменение цен в определенной степени характеризует состояние национальных рынков и темп инфляции. Россия по росту цен на основные виды продук-

ции отличается не в лучшую сторону от ряда стран СНГ (табл. 6).

В России, как и в большинстве стран, основной объем производства НСМ обеспечивают крупные и средние предприятия. Число таких предприятий, по данным Росстата, изменилось в период 2002–2005 гг. с 57 до 77 по предприятиям, разрабатывающим месторождения скальных пород, и с 221 до 173 – песчано-гравийных.

Промышленность НСМ призвана обеспечить выполнение строительных программ государства и субъектов Федерации, поставляя продукцию высокого качества в необходимых объемах. В настоящее время приходится констатировать, что наращивание производственных мощностей происходит медленно, степень изношенности основных фондов весьма высока, причем изношенность технологического оборудования значительно превышает данные по основным фондам. Использование имеющихся производственных мощностей с учетом состояния оборудования достигло предела. Таким образом, резервом роста объема выпуска продукции может стать преимущественно создание новых и реконструкция действующих технологических линий. В последний период наметилась тенденция к приобретению месторождений, строительства новых предприятий. Однако процесс освоения месторождения со строительством стационарного ДСЗ занимает несколько лет, поэтому строящиеся предприятия начали оснащаться самоходными и передвижными перерабатывающими агрегатами, преимущественно импортными. Отечественные машиностроители явно отстают в конкурентной борьбе.

Для решения стоящих перед промышленностью строительных материалов задач необходимо решить ряд вопросов, среди которых следует назвать:

1. Анализ наличия мощностей по производству нерудных строительных материалов для обеспечения государственных программ.
2. Внесение изменений и дополнений в ГОСТы и другие аналогичные нормативные документы с учетом современных требований промышленности. Для решения этого вопроса необходимо привлечь ведущие организации, представляющие как производителей, так и потребителей продукции, и подготовить в органы исполнительной власти субъектов Федерации рекомендательные письма от Росстроя.
3. Разработка проектов законодательных актов, которые стимулируют внедрение передовых технологий, обеспечивающих снижение ресурсоемкости производства, сокращение расхода минерального сырья и снижение землеемкости.
4. Освоение техногенных ресурсов, в первую очередь образованных горной промышленностью, и комплексное использование минерального сырья. При этом особое внимание следует уделить возможности более широкого вовлечения в производство отсевов дробления различных горных пород.

Список литературы

1. Rock Product. 2006. № 2. Р. 2.
2. Харо О.Е., Левкова Н.С. и др. Номенклатура НСМ и перспективы ее расширения // Строит. материалы. 2005. № 12. С. 81–83.
3. Морозикова Л.А. Жилищное строительство в России: итоги 2006 г. // Строит. материалы. 2007. № 6. С. 5.
4. Российский статистический ежегодник. М.: Росстат, 2006. С. 113–115.
5. 2000 Report on Ohio minerals industries, Columbus. 2001.
6. Российский статистический ежегодник. М.: Росстат, 2006. С. 180.
7. Статистика СНГ. 2007. № 1(400). С. 93, 102, 103.



ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ДРОБМАШ®

ДЛЯ ТЕХ, КОМУ ВАЖЕН РЕЗУЛЬТАТ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ЛИНИИ

агрегаты

дробилки

питатели

грохоты

конвейеры



Мы создаем надежную и простую в обслуживании технику, предлагаем технологии переработки различных материалов с учетом индивидуальных потребностей, развиваем сервисные услуги, -

**чтобы ваш бизнес
был успешным**

ОАО "ДРОБМАШ"

г. Выкса Нижегородской области, ул. Заводская, 1

Продажи по России: (83177) 3-36-90, 3-40-20, 6-28-62, 6-27-58

Продажи в странах СНГ и за рубежом: +7 (83177) 3-60-02, 3-42-71

Служба сервиса: (83177) 6-28-33, e-mail: trade@drobmash.ru

Официальные дилеры:

Москва: +7 (495) 291-42-67, 229-01-02

Южный Федеральный округ: +7 (863) 220-87-93, 248-91-33

Уральский Федеральный округ: +7 (351) 264-74-20, 264-74-87

Сибирский Федеральный округ: +7 (384) 237-49-51, 274-73-10

Западная Европа: +(352) 81-14-52

Латвия, Литва, Эстония: +(371) 718-80-20, 713-86-00, 713-80-61

Украина: +38 (0532) 69-09-07, 69-09-08, 63-13-25

Беларусь: +(37517) 294-64-64, 299-07-85, 294-69-96

Юго-Восточная Азия: +(84) 88-55-49-10, 88-57-18-73

WWW.DROBMASH.RU

А.А. ГОРЛЯКОВ, начальник проектно-технологического отдела
ОАО «Дробмаш» (г. Выкса Нижегородской обл.)

Повышение производительности дробильно-сортировочных заводов за счет уменьшения выхода отсевов дробления

Увеличение мощностей предприятий промышленности нерудных строительных материалов – важная задача, направленная на выполнение президентских и государственных программ «Дороги России» и «Доступное и комфортное жилье – гражданам России». Щебень – один из основных строительных материалов получают при дроблении скальных горных пород, гравия и валунов, а также из отходов промышленности на дробильно-сортировочных заводах (ДСЗ). На большинстве отечественных ДСЗ выпускаются массовые виды продукции – щебень 3–5-й групп по ГОСТ 8267–93. Часть предприятий выпускает щебень 1-й и 2-й групп с повышенными показателями качества по форме зерна. Хотя в 2007 г. было произведено около 150 млн м³ щебня, это количество не покрывает потребности как в общем объеме, так и по видам продукции. Поэтому задача повышения мощностей ДСЗ, производящих щебень, становится одной из важнейших в подотрасли. Рассмотрим возможные пути ее решения.

1. Модернизация предприятий малой и средней мощности, направленная на увеличение выпуска щебня мелких узких фракций или на увеличение объемов его производства.

2. Модернизация ДСЗ, направленная на увеличение выпуска щебня 1-й группы без заметного увеличения отсевов дробления.

3. Модернизация или строительство нового ДСЗ, направленные на использование рациональной технологии и оптимального состава оборудования, минимизирующего производство вынужденных отходов (отсевов дробления).

Важной задачей, способствующей увеличению выпуска товарных видов фракций, является минимизация выхода отходов переработки – отсевов дробления фракции 0–5 мм. По данным ВНИПИИстромсырье, при производстве щебня из скальных изверженных пород с использованием известных технологий и оборудования образуется до 25% отсевов дробления, а из карбонатных пород до 45%. Таким образом, только в 2007 г. отсевы дробления составили от 38 до 68 млн м³. Плата нерудников за производство отходов чрезвычайно высока. Например, по данным ОАО «Орское карьероуправление» [1], производство вынужденных отходов увеличивает себестоимость основной продукции на 15–30%, а только на перевозку отсева и оплату налога за земли, занятые отвалами отсевов, карьероуправление тратит более 5 млн р. в год.

До 1/3 от общего объема выпускаемого щебня производится на многочисленных предприятиях мощностью до 200 тыс. м³/год. Такие предприятия имеются практически во всех регионах России. Большинство из них основаны в доперестроечный период. Их оборудование изношено и требует проведения восстановительных работ.

Модернизация предприятий, перерабатывающих изверженные горные породы с крупностью исходного куска до 500 (680) мм, может идти по пути повышения общей производительности ДСЗ или увеличения объемов производства мелких фракций. Такая задача решается путем замены дробилок второй или третьей стадий дробления. Примеры вариантов использования оборудования и возможные результаты его работы приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ схемы	Тип дробилок в линии	Размер исходного куска, мм	Производительность, м ³ /ч	Выход раздробленного продукта, %				
				0–5 отсев	5–10	10–20	20–40	Всего щебня
1	СМД-510 СМД-511 СМД-120А	500	90	14	10,5	23	52,5	86
2	СМД-510 ДРО-741 ДРО-739	500	90	16	17	41	26	84
3	СМД-510 ДРО-741 ДРО-739	500	105	13,5	14	30	42,5	86,5
4	СМД-110 СМД-75А	500	70	14,34	11,03	19,56	55,08	85,66
5	ДРО-609А ДРО-733	680	120	26,7	16,7	20	36,6	73,3

В производственной схеме по строке 1 (табл. 1) используется оборудование в стандартной комплектности. В схемах по строкам 2 и 3 на второй стадии дробления используется агрегат с дробилками ДРО-724 вместо СМД-108А, имеющий повышенную производительность, а на третьей стадии – агрегат с двумя конусными дробилками ДРО-560 вместо одной СМД-120А. В схеме по строке 2 сохраняется производительность по исходному продукту, но в два раза увеличивается выпуск мелкого щебня, при этом возрастает выход отсева дробления всего на 2%. В схеме по строке 3 при увеличении производительности по исходному продукту на 15% сохраняется возможность некоторого увеличения выпуска мелкого щебня без увеличения выхода отсева.

Модернизация предприятий, перерабатывающих известняки, доломиты и другие малоабразивные породы, может быть направлена как на повышение производительности ДСЗ, так и на увеличение объемов производства мелких фракций щебня. Замена агрегата с роторной дробилкой СМД-75А на агрегат с дробилкой ДРО-733 позволит достичь обе цели. Дробилка ДРО-733 имеет не только повышенную производительность, но и обладает большей степенью дробления, что позволяет в широких пределах регулировать получение мелких фракций щебня (табл. 1, строки 4, 5). В отдельных случаях, возможно, потребуются замена грохотов на более производительные.

Задача значительного увеличения (до 70 м³/ч) производства щебня мелких узких фракций 1-й группы по ГОСТ 8267–93 может быть осуществлена практически на любом мощном ДСЗ без заметного увеличения про-

изводства отсева. Для исправления формы зерен поток щебня обычного качества направляется в роторный гранулятор для исправления формы. Применение грануляторов, имеющих степень дробления, близкую к 1, позволяет производить щебень 1-й группы. Роторный гранулятор ДРО-629 (в агрегате ДРО-630) – специально модифицированный вариант роторной дробилки, в котором дробятся только слабые зерна пластинчатой и игловатой форм. Зерна щебня, имеющие кубовидную форму, дроблению не подвергаются. Гранулятор, как и другое оборудование, выпускаемое ОАО «Дробмаш», легко встраивается в технологическую линию. Обработка щебня в грануляторе практически не увеличивает выход отсева дробления, сохраняя объем производства щебня 1-й группы на уровне выпуска щебня 3–5-й групп, что позволяет полнее использовать мощность ДСЗ для выпуска товарной продукции и минимизировать выход отсева дробления.

Основными параметрами, влияющими на выход отсева дробления, являются: прочность горной породы, крупность исходной горной массы, технология производства, ассортимент выпускаемой продукции и особенно тип дробильного оборудования.

ДСЗ средней и большой мощности, перерабатывающие исходный кусок 500 мм и более, построены по традиционной трехстадийной схеме дробления, в которых на первичном дроблении в основном применяются щековые дробилки, на вторичном дроблении – щековые, конусные, на третьей стадии дробления – конусные (рис. 1, 2). В последнее время в единичных случаях на третью и четвертую стадии при модернизации ДСЗ с целью выпуска щебня повышенного качества, а чаще

Таблица 2

№ схемы	Тип дробилок в линии	Размер исходного куска, мм	Производительность, м ³ /ч	Выход раздробленного продукта, %				
				0–5 отсев	5–10	10–20	20–40	Всего щебня
1.1	СМД-111Б КСД-1750ГР2 КСД-1750Т	750	180	22	19	23	36	78
1.2	СМД-111Б КСД-1750ГР2 ДЦ-1,6 (Титан-160)	750	160	30,7	12,3 1 группы	22,1 1 группы	20,9	69,3
1.3	СМД-111Б КСД-1750ГР2 КИД-1200	750	180	25	15 2 группы	23 2 группы	37	75
2.1	ДРО-609А ДРО-724 ДРО-739	680	90	13	15 2 группы	34 2 группы	38	87
2.2	ДРО-609А ДРО-724 ДЦ-1,6 (Титан-160)	680	90	34	13,5 1 группы	24,4 1 группы	23,1	66
2.3	ДРО-609А ДРО-724 КИД-1200	680	90	23	20 2 группы	24 2 группы	33	77
2.4	ДРО-609А ДРО-724 ДРО-739 ДРО-629	680	90	13 - 15	15–14 1 группы	34–33 1 группы	38	87–85
2.5	СМД-111Б КСД-1750ГР КСД-1750Т7-Д	750	160	25	18 2 группы	22 2 группы	35	75

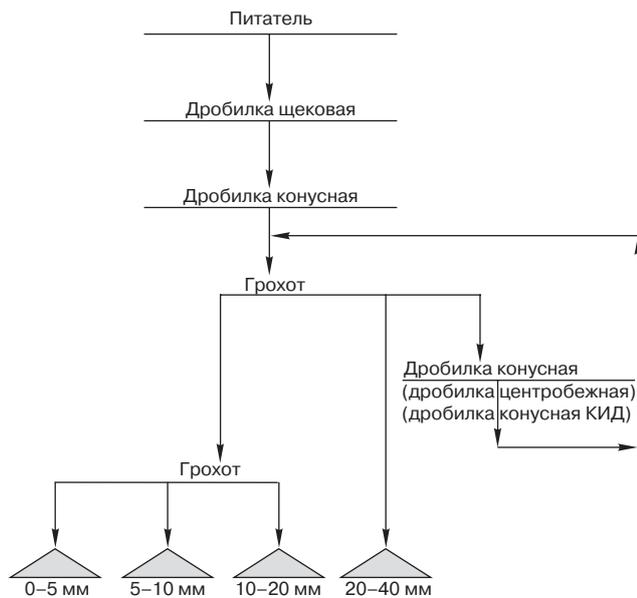


Рис. 1

при новом строительстве устанавливают конусные инерционные и центробежные дробилки.

Изучение влияния типов дробилок и их места в технологических линиях на выход отсевов выявило следующее. Размер дробилок первой стадии дробления в основном определяет максимальную крупность исходной горной массы и производительность ДСЗ. Выход фракций по крупности и их качественно-количественным характеристикам предопределяет технологию переработки и состав оборудования второй и последующих стадий дробления.

Для сравнения возможных подходов к снижению производства отсева на предприятиях средней и малой мощности произведен расчет вариантов технологических линий с оборудованием, выпускаемым в России и присутствующим на рынке. Расчеты проведены в соответствии с Общесоюзными нормами технологического проектирования предприятий нерудных строительных материалов [2].

Выход щебня и отсевов при дроблении изверженных горных пород с использованием различных комплектов оборудования приведен в табл. 2. В табл. 3 приведены данные о содержании в продукте дробления класса крупности 0–5 мм в зависимости от выбранного оборудования при работе дробилок в открытом цикле.

Анализируя данные таблиц 2 и 3, можно сделать следующие выводы. При выработке массовых видов

щебня (табл. 2, строки 1.1, 2.1) количество отсева дробления возрастает при увеличении размеров оборудования на второй и третьей стадиях дробления и в незначительной степени зависит от схем переработки. Наиболее предпочтительной является схема 2 с использованием щековых дробилок на второй стадии дробления, позволяющих минимизировать выход отсева. Это объясняется тем, что щековые дробилки, применяемые на второй стадии дробления и работающие на больших, чем конусные дробилки, выходных щелях, дают значительно меньше отсева. Ограничение применения щековых дробилок на заводах большой производительности вызвано их недостаточной производительностью на выходных щелях размером 30–50 мм.

При выработке щебня более высокого по форме зерна качества предпочтительнее схема 1, хотя в этой схеме несколько увеличивается выход отсева по сравнению со схемой 2. Некоторое увеличение содержания в щебне пластинчатых и игловатых зерен (схема 2) объясняется следующим: дефектные зерна (сколы), во множестве образующиеся при дроблении на первой стадии дробления и содержащиеся в исходной горной массе как наиболее слабые разрушаются при дроблении в конусной дробилке второй стадии дробления и при грохочении выделяются в конечный продукт, «загрязняя» его.

Применение на третьей стадии дробления конусных дробилок — наиболее производительных и позволяющих минимизировать выход отсева в настоящее время является единственным техническим решением.

Производить щебень 1-й группы можно, применяя специальные конусные дробилки на финишных стадиях дробления и обеспечивая их загрузку продуктом крупностью +5 мм. При дроблении в «слое» пластинчатые и игловатые зерна как наиболее слабые разрушаются. Необходимость загрузки дробилки мелким материалом, размер которого не требует дробления, вызывает необходимость применения более крупной по производительности дробилки или увеличивать их количество. С этой целью ОАО «Дробмаш» с 2006 г. начало выпускать агрегат мелкого дробления ДРО-739, состоящий из двух конусных дробилок и подборного конвейера, а также его модификации. Этот агрегат вводится в состав технологических линий для производства щебня мелких фракций 2-й группы. Щебень 1-й группы можно выпускать также при использовании оборудования для исправления формы зерна (грануляторов) и центробежных дробилок.

Центробежные дробилки — оборудование, имеющее высокую степень дробления (табл. 2, строки 1.2, 2.2). Центробежные дробилки принимают исходный кусок крупностью размером до 70 (40) мм и могут использо-

Таблица 3

Тип оборудования, изготовитель	Содержание в продукте дробления класса 0–5 мм в открытом цикле, %, при размере разгрузочной щели дробилки, мм					
	5	6	8	10	12	15
ДРО-560 (КМД-900) ОАО «Дробмаш»	–	–	25	18	14	18
КМД (КСД) ОАО «ОМЗ ДРО Уралмаш-Ижора»	72	60	42	33	27	21
КИД-1200 ЗАО «Механобр-Техника»	15–55					
ДЦ-1,6 ЗАО «Урал-Омега»	25–33					
Титан Д-160 ЗАО «Новые Технологии»	25–33					
ДРО-629 ОАО «Дробмаш»	до 2					

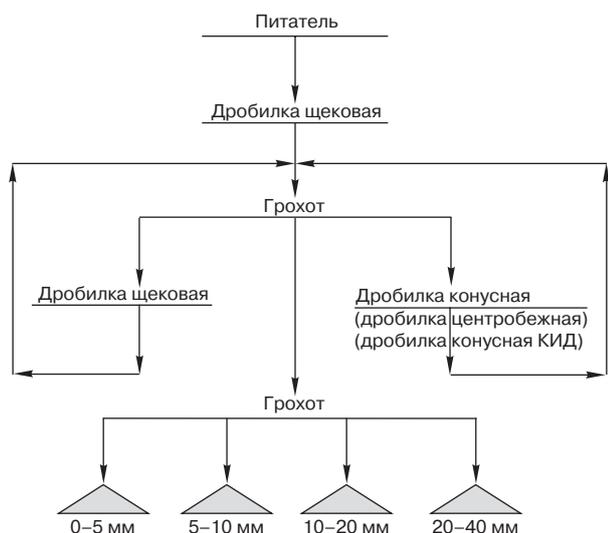


Рис. 2

ваться в ДСЗ на третьей или четвертой стадиях дробления, в основном в замкнутых циклах. При работе дробилок с объемом циркуляционного потока около 1/3 от загрузки значительно, до 45–50%, возрастает выход отсевов и, как следствие, значительно снижается производство товарного щебня. По этой причине такие технические решения не находят широкого распространения.

Чтобы несколько уменьшить выпуск отсева, можно использовать оба вида оборудования на четвертой стадии дробления для получения мелких узких фракций щебня. Введение дополнительной стадии обработки щебня в грануляторе или центробежной дробилке несколько усложняет технологию, но представляется обоснованным.

Подводя итог рассмотрению вариантов модернизации ДСЗ, можно сделать следующие выводы:

1. Модернизация предприятий малой и средней мощности, направленная на увеличение выпуска щебня мелких узких фракций или на увеличение объемов производства щебня, позволит увеличить объемы производства наиболее востребованных его видов.

2. При модернизации ДСЗ средней и большой мощности, ориентированной на выпуск щебня мелких узких фракций 1-й и 2-й групп, наиболее прогрессивным является метод исправления формы зерна щебня по схеме, в которой используется гранулятор, практически не увеличивающий объем выхода отсевов.

3. При строительстве новых ДСЗ средней и большой мощности следует отдавать предпочтение схеме 2 с использованием на второй стадии дробления группы щековых дробилок. При этом возможно разделение общего потока на ряд потоков, состоящих из отдельных технологических линий.

4. Выбор рациональной технологии и оборудования на этапе строительства нового ДСЗ или реконструкции работающего позволяет не только снизить объем отсевов, но и повысить экономическую эффективность предприятия за счет увеличения (без роста затрат) выпуска щебня более чем на 10%, более полного использования полезного ископаемого, уменьшения штрафных санкций за сверхнормативные потери.

Список литературы

1. Далатказин А.А. Отсевы дробления: проблема, требующая решения // Строит. материалы. 2006. № 8. С. 28–29.
2. ОНТП 18-85 «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий нерудных строительных материалов». Л.: Стройиздат, 1988.



Московский государственный горный университет,
РНТО строителей, ассоциация «Недра»
приглашают принять участие в XIII Международной конференции

«Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов»

4–6 июня 2008 г.

Москва

Тематика конференции:

- минеральные и альтернативные виды сырья для производства строительных материалов;
- требования производителей строительных материалов к качеству минеральной продукции;
- технология горных работ;
- технология переработки минерального и техногенного сырья;
- перспективы распространения технологий с двухстадийным дроблением при производстве нерудных строительных материалов;
- экономика горных предприятий;
- охрана окружающей среды;
- новое оборудование и приборы.

Доклады, принятые оргкомитетом конференции, будут опубликованы до начала конференции. Тексты докладов объемом не более 10 тыс. знаков с иллюстративными материалами просим оформлять в соответствии с техническими требованиями (см. сайт в Интернете www/rifsm/avtoram.php) и направлять по эл. адресу: mail@rifsm.ru с пометкой «На конференцию нерудников» не позднее 7 декабря 2007 г.

На вопросы об участии в конференции вам ответят по телефону/факсу (495) 915-11-03

В.А. ПАВЛОВ, генеральный директор, ЗАО «Аникинский ГОК» (Ростовская обл.)

Аникинский ГОК: работа в новых условиях

Аникинское месторождение песчаника, расположенное в Каменецком районе Ростовской области, разрабатывается с 1953 г. В настоящее время месторождение эксплуатирует ЗАО «Аникинский горно-обогатительный комбинат». Проектная мощность предприятия 400 тыс. м³ щебня в год. Комбинат производит две фракции щебня: 5–20 и 20–40 мм.

Аникинское месторождение представляет собой свиту пологопадающих осадочных пород среднего карбона, перекрытых четвертичными отложениями. Продуктивная толща представлена пластом известняка и двумя пластами песчаников, разделенными пачками глинистых и песчано-глинистых сланцев с линзообразными прослоями песчаников. В толще сланцев и подошве песчаников залегает пять прослоев углей, не имеющих промышленной ценности.

В верхней части месторождения в виде гряды размером 1020×15 м залегают известняки. Песчаники прослеживаются на месторождении в виде двух самостоятельных пластов, которые разделены пачкой некондиционных скальных пород. В настоящее время Аникинский ГОК разрабатывает нижний пласт песчаников средней мощностью 51 м, имеющий выход на дневную поверхность. Ширина гряды песчаника составляет 220 м, протяженность 1460 м. Мощность пласта колеблется в пределах 28–62 м. Падение пластов в северном направлении достигает 15–25°. Мощность вскрышных пород изменяется от 1 до 60 м.

Аникинский ГОК обеспечен запасами полезного ископаемого на период более 100 лет.

Разрабатываемый пласт сложен разнозернистыми песчаниками, имеющими мелкую разнонаправленную трещиноватость. По качественным показателям и технологическим свойствам песчаники отвечают требованиям на строительный щебень. Характеристики песчаника и получаемого из него щебня приведены ниже.

Горные работы на месторождении развиваются по простиранию пласта. Фронт горных работ перемещается по падению пласта в направлении с юга на север. Добычные работы ведутся одним уступом высотой 12 м. Угол откоса уступа 80°. В связи с благоприятными геологическими условиями потребность в проведении вскрышных работ в настоящее время отсутствует. Производство вскрышных работ планируется начать в 2008 г.

Предприятие работает круглый год в три смены продолжительностью по 8 ч (одна из смен является ремонтно-подготовительной) пять дней в неделю. Буровые и взрывные работы выполняет подрядная организация ООО «Югвзрывпром» в одну смену при пятидневной рабочей неделе. Применяются буровые станки 5СБШ-200. Погрузка горной массы осуществляется экскаватором ЭКГ-5А в самосвалы БелАЗ-7523 грузоподъемностью 42 т. Расстояние транспортировки горной массы до стационарного ДСЗ по мере продвижения фронта горных работ увеличивается и достигло в настоящее время 1,7 км, из которых 400 м составляет стационарная дорога с асфальтовым покрытием (табл. 1).

Забойные дороги имеют продольные уклоны в пределах 10%. В зимнее время для защиты от гололеда поверхность автодорог посыпается песком и солью. Отходы переработки вывозятся в отвал, расположенный в южной части месторождения, теми же самосвалами на расстоянии 600 м. На отвальных работах и при планировании автодорог применяются бульдозеры Т-170 и ДХ-59.

Характеристики песчаника Аникинского месторождения

Плотность, кг/м ³	2640
Водопоглощение, %	0,81
Коэффициент разрыхления	1,56
Предел прочности при сжатии, МПа	
в сухом состоянии	74
в водонасыщенном состоянии	68
Морозостойкость	Мрз-25

Характеристики щебня из песчаника Аникинского месторождения

Марка щебня по дробимости (раздавливание в цилиндре), %	
1000	90
800	10
Насыпная плотность, кг/м ³	1308
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	
фракция 5–20	до 2
фракция 20–40	до 0,6
Содержание зерен пластинчатой и игольчатой форм, %	
фракция 5–20	26
фракция 20–40	10,3
Содержание зерен слабых пород, %	до 10
Марка щебня по морозостойкости	F100

Ремонт экскаваторов производится в полевых условиях, горного и транспортного оборудования — в ремонтных цехах.

Для рекультивации выработанного пространства и поверхности отвалов используются отходы переработки полезного ископаемого. Не заполненное внутренними отвалами выработанное пространство карьера после восстановления уровня грунтовых вод становится водоемом. Откосы уступов нерабочего борта карьера зарастают травой и кустарниками, а горизонтальные площадки уступов и отвала используются для лесопосадки. Поверхность внешнего отвала рекультивируется как луг, бермы засеваются травами.

Переработка горной массы производится на стационарном ДСЗ (проект института «Гипронеруд»), построенном в 1979 г. Предусмотрено трехстадийное дробление. Доставленная самосвалами горная масса размером до 750 мм разгружается в приемную воронку емкостью 40 м³. Пластинчатый питатель 2×12×45 загружает щековую дробилку с размером приемного отверстия 900×1200 мм (разгрузочная щель 120–130 мм). Прошедшая первичное дробление масса фракции 0–230 мм поступает на вторичное дробление в дробилку КСД-1750 ГР с разгрузочной щелью 25–28 мм. Продукт дробления 0–110 мм передается в грохотильное отделение, укомплектованное двумя грохотами ГИЛ-52 и ГИСЛ-62. После первичного грохочения

Таблица 1

Показатели работы предприятия	Годы			
	2004	2005	2006	9 мес. 2007
Объем добычных работ, тыс. м ³ в целике	149,7	160,5	147,3	111,3
Произведено продукции, тыс. м ³ , всего в том числе щебень фракции 5–20 мм марки М-1000 щебень фракции 20–40 мм марки М-1000	163,4 150,1 13,3	231,6 203,3 28,3	183,8 158,2 25,6	136 95,7 40,3
Отсевы дробления, тыс. м ³	50,6	54,2	49,8	37,6
Расстояние транспортировки, км горной массы отходов переработки	0,9 0,5	1,3 0,5	1,6 0,6	1,7 0,6
Численность трудящихся, всего ППП в том числе горный цех, рабочих/ИТР дробильно-сортировочный цех	118 15/1 24/4	118 15/1 24/4	115 13/1 24/4	103 10/2 22/4
Выработка товарной продукции на 1 работающего, тыс. р.	18,7	24,2	23,3	26,5
Выработка щебня на 1 работающего / работника основного производства, м ³	1248/3711	1963/5264	1598/4376	1320/3579

Таблица 2

Статьи затрат	Годы			
	2004	2005	2006	9 мес. 2007
Буровзрывные работы (подрядная организация)	16	16	15	16
Электроэнергия	11	11	11	9
Топливо и ГСМ	10	12	13	9
Запасные части	12	12	12	18
Заработная плата	25	26	25	24
Начисления на заработную плату	9	7	7	6
Аренда оборудования	11	12	13	12
Прочие	6	4	4	6

фракция –20 мм поступает на товарную сортировку, фракция +20 мм – на третичное дробление в дробилках КМД-1750 ГР и КИД-1200М. Дробилки третьей стадии дробления работают в замкнутом цикле. Продукт третьей стадии дробления фракции 0–20 разделяется на четырех грохотах ГИЛ-52 на отсеvy дробления 0–5 мм и товарный щебень 5–20 мм. Отсевы дробления накапливаются в бункере и вывозятся в отвал самосвалами. Транспортные связи на ДСЗ осуществляются 22 конвейера с шириной ленты 800, 1000 и 1200 мм.

В настоящее время ЗАО «Аникинский ГОК» работает стабильно, преодолев имевшиеся трудности, имеет прочные связи с потребителями и поставщиками. Объем производства в определенной степени зависит от платежеспособного спроса потребителей нерудных строительных материалов (табл. 1). Важным резервом повышения рентабельности производства может стать реализация отсеvов дробления, которые пока не находят покупателей и вывозятся в отвал, пройдя все стадии переработки. Выход отсеvов дробления превышает 20% и при существующей технологии не может быть уменьшен.

Структура затрат на производство продукции (табл. 2) примерно соответствует среднестатистической по промышленности строительных материалов. Распределение трудящихся между двумя основными производственными цехами, при котором численность рабочих и инженерно-технических работников горного цеха оказалась в два раза ниже, чем дробильно-сортировочного, является нетипичным и объясняется выполнением буровзрывных работ подрядной организацией.

Имидж предприятия во многом зависит от того, как организовано производство, каково качество продукции, насколько безопасны условия труда, как соблюдаются природоохранные мероприятия. На предприятии восстановлен рабочий режим, значительно возросла производительность труда. Но сохраняются проблемы, которые предстоит решать. Ощущается нехватка специалистов среднего звена – механиков, электромехаников, горных мастеров. Высок износ оборудования, что затрудняет рост объема производства. Морально устарели применяемые технологии. Эти проблемы типичны для многих отечественных предприятий, переживших нелегкие 90-е гг. XX столетия.

В.М. ЮМАШЕВ, А.А. МАТРОСОВ, кандидаты техн. наук, Ф.В. ПАНФИЛОВ, инженер, ОАО «СоюздорНИИ» (г. Балашиха Московской обл.)

Щебень для строительства автомобильных дорог и аэродромов

В настоящее время в связи с увеличением объемов строительства автомобильных дорог, строительства и реконструкции аэродромов резко возрастает потребность в каменных материалах. Предприятия нерудных строительных материалов (НСМ) не всегда могут увеличить выпуск продукции настолько, чтобы обеспечить потребность заказчиков. Кроме того, многие предприятия практически перестают производить щебень фракции 40–70 мм, который используется как основной материал для устройства щебеночных оснований методом заклинки. В связи с этим дорожные строители начали использовать щебень фракции 25–60 мм, который используется в качестве балласта в железнодорожном строительстве.

Проведенные ОАО «СоюздорНИИ» исследования показали, что щебень фракции 25–60 мм может быть использован в качестве основного материала для устройства щебеночного основания методом заклинки. В качестве расклинивающего материала в этом случае следует использовать щебень фракции 5–10 мм. Устройство щебеночного основания методом заклинки в настоящее время осуществляется не только в дорожном строительстве, но также при устройстве оснований при реконструкции аэродромных одежд аэропортов Домодедово, Шереметьево и др.

В связи с тем, что предприятия НСМ практически не производят подобранных щебеночно-песчаных смесей согласно ГОСТ 25607–94, при реконструкции аэродромов Шереметьево и Домодедово были использованы смеси С6, С5, получаемые при переработке бетона старых покрытий на собственных дробильных установках. Эти смеси используются для устройства верхнего слоя основания и для заклинки щебня фракции 25–60 мм. В качестве смеси С6 (0–40 мм) использовался также карбонатный щебень М600 – такой же марки по прочности, как щебень в смеси из дробленого бетона. Изучение смеси С6 (0–40 мм) из дробленого бетона показало, что наличие мелочи 0–5 мм не приводит к цементации материала смеси (табл. 1. Смесь отобрана в аэропорту Шереметьево на рулежной дорожке РД-23.2).

Это подтвердили и испытания образцов, изготовленных из смеси фракции 0–5 мм, входящей в состав смеси С6 (0–40 мм). По этой причине технология приготовления и устройства слоев дорожной (аэродромной) одежды из смеси С6 (0–40 мм) из дробленого бетона практически не отличается от технологии, применяемой при использовании аналогичной смеси из каменного материала. В процессе эксплуатации было установлено, что слои основания из этой смеси по своим эксплуатационным характеристикам не отличаются от слоев из смеси С6 из природного каменного материала.

Результаты испытания образцов из смеси дробленого бетона показали, что их прочность значительно ниже минимальной прочности для обработанных материалов марки М10 по ГОСТ 23558–94.

Потребность дорожного строительства в прочном щебне может удовлетворяться за счет использования местных разнопрочных месторождений карбонатного сырья и гравийно-песчаных материалов. Но при переработке каменного материала таких месторождений нужно применять специальные технологии обогащения по прочности, которые должны быть обеспечены



Рис. 1. Современная дробильно-сортировочная установка

Таблица 1

Плотность скелета, г/см ³	Влажность, %	Прочность при сжатии, МПа, 28 сут			Прочность при сжатии, МПа, 60 сут	
		Образцы, хранящиеся на воздухе, сухие, без замачивания	Образцы, хранящиеся в эксикаторе		Образцы, хранящиеся в эксикаторе	
			сухие, без замачивания	влажные (после 2 сут замачивания в воде)	сухие, без замачивания	влажные (после 2 сут замачивания в воде)
1,78	11		0,3	0,19	0,32	0,22
1,78	11		0,27	0,15	0,31	0,2
1,78	11	0,43				

Таблица 1

Марка оборудования	Фирма-производитель	Максимальный размер куска в питании, мм	Производительность, м ³ /час	Мощность привода, кВт	Масса, т
Конусные дробилки					
ДРО-601	ОАО «Дробмаш», Россия	70	12–40	55	7
КИД-600	ОАО «Механобр», Россия	60/100	13–26	75	8
КИД-900		70/130	38–76	160	20
КИД-1200		100/160	70–140	200	30
Н-2000	«Метсо Минералз», Швеция	38–90	20–100	90	5,3
Н-3000		36–115	32–150	160	9,2
Н-4000		35–105	53–240	2200	14,2
Н-600		55–100	90–130	315	23,5
Дробилки ударного действия					
Титан Д-125	«Новые технологии», Россия	60/100	150-220	110-220	9
Титан Д-160		70/110	250/330	160/315	15
Титан 250		100/150	500/650	315–500	30
Бармак В3000	«Метсо Минералз», Швеция	20	3–23	–	0,8
Бармак В 5100		32	10–104	–	2,5
Бармак В 6100		43	40–285	–	4,9
Бармак В 7100		58	80–470	–	6,5
Бармак В 8100		66	150–860	–	9,1
Бармак В 9100		66	260–1580	–	9,3



Рис. 2. Технологическая схема дробильно-сортировочной установки с использованием конусной дробилки

Рис. 3. Технологическая схема дробильно-сортировочной установки с использованием конусной и ударной дробилки

оборудованием, выпускаемым отечественной промышленностью.

Известный способ обогащения на барабанных механических классификаторах показал их эффективность и возможность получения из разнопрочного карбонатного щебня с маркой прочности М400 более прочный щебень с маркой прочности М600, М800, а из щебня М600 – щебень с маркой прочности М800 и М1000. Использование этого способа для обогащения разнопрочного гравия и щебня из гра-

вия позволяет выделить наиболее прочный материал, прочность которого на одну-две марки выше, чем марка прочности исходного необогащенного материала.

Для обогащения по прочности могут быть также использованы и другие способы обогащения (на наклонной металлической плите, в отсадочной машине и др.). Безусловно, наиболее эффективным из известных в настоящее время является способ обогащения с применением избирательного дробления.



Рис. 4. Технологическая схема дробильно-сортировочной установки с использованием ударной дробилки

При строительстве автомобильных дорог в различных регионах Российской Федерации целесообразно использовать небольшие местные месторождения каменных материалов, для разработки которых можно применять различные дробильно-сортировочные установки с требуемой производительностью (рис. 1). Такие установки, проектируемые в соответствии с нормами ОНТП 18–85, могут укомплектовываться различным оборудованием. Тип и параметры оборудования выбираются в зависимости от свойств перерабатываемых горных пород и заданного фракционного состава продукции.

Дробильно-сортировочная установка состоит из бункера-питателя, одной или двух дробилок, одного или двух виброгрохотов, а также системы ленточных конвейеров. Промывка готовой продукции не предусматривается, так как исходный материал – щебень из изверженных горных пород комовой глины не содержит. При работе установок необходимо осуществлять покрытие мест образования пыли.

В зависимости от содержания зерен пластинчатой и игловатой форм могут быть рекомендованы следующие технологические схемы переработки.

Если содержание зерен пластинчатой и игловатой форм в готовой продукции ограничено 15%, технологическая схема дробильно-сортировочной установки (рис. 2) может включать приемный бункер с питателем, специальную конусную дробилку, работающую в замкнутом цикле с виброгрохотом.

Если содержание зерен пластинчатой и игловатой форм ограничено 10–12%, дробильно-сортировочная установка (рис. 3) может состоять из приемного бункера-питателя, двух параллельно работающих дробилок (специальной конусной и ударного действия) и виброгрохота.

Если требуется уменьшить содержание зерен пластинчатой и игловатой форм в готовой продукции на 5–7%, может быть рекомендована схема (рис. 4), включающая только дробилку ударного действия.

В табл. 2 приведены сведения о дробильно-сортировочном оборудовании, которое может применяться для производства узких фракций щебня кубовидной формы.

Особенно важным для удовлетворения потребности в каменных материалах, применяемых в дорожном строительстве, является вопрос получения качественных каменных материалов при устройстве щебеночных оснований и покрытий. В СоюздорНИИ в 1999 г. был разработан совместно с Корпорацией «Транстрой» стандарт предприятия СТП 009–99 «Технология получения и контроль качества щебня узких фракций кубовидной формы». В 2006 г. разработан проект нормативного документа СТО-ГК «Транстрой»–009–2006 «Стандарт организации. Щебень узких фракций кубовидной формы. Требования, технология получения и контроль качества».

Полезные книги

«Краткий курс материаловедения и технологии конструкционных материалов для строительства» – понятно о сложном

Учебное пособие «Краткий курс материаловедения и технологии конструкционных материалов для строительства» авторов Белова В.В., Петропавловской В.Б. посвящено вопросам материаловедения, новым достижениям в области производства строительных материалов и их применения.

В нем рассматриваются основные группы современных и традиционных строительных материалов универсального и специального назначения и основы технологии конструкционных материалов для строительства, перспективы развития строительных материалов с точки зрения ресурсо- и энергосбережения, в том числе за счет использования при их получении техногенных отходов или вторичных ресурсов, прогрессивных технологических приемов, а также повышения их экологичности, качества и безопасности. Приведена информация о требованиях российских стандартов применительно к каждому из описываемых материалов и изделий.

Учебное пособие представлено шестнадцатью главами, введением и библиографическим списком. Весьма полезно приложение, где приведены варианты контрольных заданий для самоподготовки и контроля знаний студентов. В целом данное пособие является содержательным учебно-методическим трудом, насыщенным ценным материалом.

Отличительной особенностью пособия является сжатое систематизированное представление основных сведений преимущественно материаловедческого плана на современном научном и в то же время доступном для студентов уровне. Достаточно полно освещены теоретические вопросы, относящиеся к бетонам и другим

строительным материалам, широко применяемым в строительстве, что актуально в связи с ускоренным развитием в настоящее время строительной индустрии.

Конечно, в каждой книге есть и спорные моменты:

1. Больше внимания можно было бы уделить структурообразованию в высокодисперсных коллоидных системах (твердеющий цемент, гипс и др.).

2. Целесообразно в следующем издании книги, в разделе, посвященном основным процессам в технологии конструкционных материалов, рассмотреть такие перспективные направления, как нано- и биотехнологии.

С методической точки зрения пособие хорошо проработано, по содержанию оно соответствует государственному образовательному стандарту по направлению 550100 Строительство и программе учебной дисциплины «Материаловедение. Технология конструкционных материалов».

Книга удалась, она будет полезна не только студентам и преподавателям вузов и колледжей, но и широкому кругу специалистов строительного профиля. В условиях дефицита научной и учебной литературы в области строительства и, особенно, дорожно-строительных материалов, издание данного пособия представляется весьма своевременным.

Академик РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные материалы и технологии» Петербургского государственного университета путей сообщения П.Г. Комохов

М.Г. МАЗУС, директор ООО «МГБ Фильтр» (Москва)

Панельные фильтры ООО «МГБ Фильтр» – оптимальное решение обеспыливания силосов и расходных бункеров

Основными требованиями, предъявляемыми к фильтрам для установки на силосах (бункерах), являются следующие:

- возможность эксплуатации на открытом воздухе в условиях низкой температуры и атмосферных осадков;
- компактность для удобства обслуживания и замены фильтроэлементов;
- возможно большой срок службы фильтроэлементов и других узлов, подлежащих периодической замене;
- минимально необходимый уровень обслуживания (простота эксплуатации);
- достаточный и надежный уровень автоматизации.

При сравнении различных тендерных вариантов фильтров для обеспыливания силосов практически отпадают наиболее распространенные в различных отраслях промышленности фильтры с регенерацией импульсной продувкой сжатым воздухом. Эти фильтры не отвечают упомянутым выше требованиям и, кроме того, требуют тщательной подготовки сжатого воздуха, что в реальных условиях эксплуатирующими организациями не всегда обеспечивается.

Альтернативные конструкции фильтров для обеспыливания силосов делятся на три основные группы.

Нестандартные рукавные фильтры с регенерацией посредством механической деформации рукавов при их натягивании вверх или вбок. Эти фильтры производятся некоторыми российскими и белорусскими фирмами; недостатки – большие габариты, неудобство в эксплуатации, малый срок службы рукавов.

Фильтры ряда западноевропейских фирм с **плоскими фильтроэлементами в виде кассет** и регенерацией ударами рамкой по наружной стороне фильтровального материала кассет; недостатки – необходимость относительно частой замены фильтроэлементов, сложность пошива кассет и высокая стоимость.

Фильтры некоторых западноевропейских фирм с **фильтроэлементами в виде гофрированных картриджей**, установленных на горизонтальной решетке, и регенерацией посредством вибрации решетки; недостатки – недостаточная пропускная способность по очищаемому воздуху по сравнению с регламентированной из-за забиваемости гофр пылью, а также высокая стоимость при равной производительности.

Фильтры с плоскими фильтроэлементами (так называемые панельные фильтры) конструкции ООО «МГБ Фильтр», надеваемые на плоские каркасы; регенерация осуществляется посредством вибрации рамки, на которой установлены каркасы; преимущество этого типа фильтра – возможность работы на открытом воздухе (до -45°C) или в неотапливаемом помещении, защищенность от осадков, компактность, эффективная и щадящая регенерация; минимальная остаточная запыленность $4-5 \text{ мг/м}^3$; фильтры запатентованы и сертифицированы. Фильтры поставляются с 2002 г. и работают до сих пор без замены рукавов.

По отзывам эксплуатационной службы различных заводов ЖБИ, ЖБК, панельные фильтры конструкции ООО «МГБ Фильтр» по своим качествам превосходят многие отечественные и зарубежные образцы.



ООО «МГБ Фильтр» разрабатывает и производит

Новый вид общепромышленных фильтров для очистки запыленных газов – панельные фильтры

Особенности этих фильтров по сравнению с другими типами фильтров:

- компактность (габариты меньше в 1,5–2 раза);
- автоматическая регенерация вибровстряхиванием (без использования сжатого воздуха);
- эффективность улавливания пыли – более 99%;
- срок службы рукавов без замены – не менее 5 лет;
- возможность эксплуатации на открытом воздухе в условиях низкой температуры и атмосферных осадков.

Теплообменники «газ–газ»

ООО «МГБ Фильтр»

Россия, 119330, г. Москва,
ул. Мосфильмовская, 17-Б.

Телефон: (495) **796-44-06,**
796-07-04

Факс: (495) **734-35-91**

E-mail: **mgbfilter@mail.ru**

Поставляет запасные части к фильтрам:

- фильтровальные элементы и рукава;
- пылевые затворы-мигалки;
- шиберы;
- контейнеры для сбора пыли.

Изготовленные нами фильтры эксплуатируются с 2002 года на ряде предприятий различных отраслей промышленности, в основном в промышленности строительных материалов.

Мы готовы подобрать для вашего предприятия серийные фильтры или изготовить нестандартные для ваших условий



Международная научно-практическая конференция Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии



С 50-летием университет поздравил В.Ф. Шухов (правнук В.Г. Шухова), президент фонда «Шуховская башня», и вручил в подарок книгу из личной библиотеки В.Г. Шухова. Фото С. Буданова



Л.Я. Крамар, канд. техн. наук (Челябинск), рассказала об особенностях технологии получения магнезиальных вяжущих



Для пояснения структурно-механических свойств асфальтобетонов и асфальтобетонных смесей канд. техн. наук Э.В. Котлярскому (Москва) пригодились ручки. Фото С. Буданова

18–19 сентября 2007 г. в Белгороде состоялась Международная научно-практическая конференция «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии». Организаторами конференции выступили Федеральное агентство по образованию, Российская академия архитектуры и строительных наук, Ассоциация ученых и специалистов в области строительного материаловедения, Администрация Белгородской области, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгородский инженерно-экономический институт. В конференции приняли участие более 200 ученых и специалистов из 60 вузов России, а также представители крупных российских и зарубежных предприятий строительной отрасли.

Конференция была приурочена к знаменательному событию – 50-летию Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Открыл конференцию пленарный доклад первого проректора по научной деятельности БГТУ им. В.Г. Шухова, члена-корр. РААСН д-ра техн. наук **В.С. Лесовика**. В докладе была освещена история создания университета, которая началась в 1954 г., когда Совет Министров СССР постановлением поручил Министерству высшего образования СССР «организовать в 1957 г. Белгородский технологический институт строительных материалов с контингентом 2500 человек». За 50 лет институт превратился в крупный университет, который имеет развитую инфраструктуру: прекрасные учебные и лабораторный корпуса, здания библиотеки и культурно-воспитательного центра, современный спортивный комплекс, комбинат питания, базу отдыха и т. д. За эти годы в университете сложились и интенсивно развиваются научно-педагогические школы, которые возглавляют ведущие ученые университета И.Я. Лугина, В.К. Классен, В.Д. Барбанягрэ, Н.И. Минько, И.И. Немец, А.М. Гридчин, В.В. Ядыкина, В.С. Лесовик, Ш.М. Рахимбаев, В.С. Богданов, В.С. Севостьянов, Н.А. Шаповалов, В.И. Павленко, А.А. Рудычев, Ю.П. Дорошенко и многие другие. Одним из результатов деятельности научных школ стало создание пяти научно-исследовательских институтов, ряда лабораторий, малых предприятий в научно-технической сфере. Динамика развития университета вселяет уверенность в том, что следующие пятьдесят лет будут не менее плодотворными.

В пленарном докладе академик РААСН, д-р техн. наук **Ю.М. Баженов** (Москва) заметил, что последнее пятидесятилетие наука о бетонах стала интенсивно развиваться: были синтезированы модификаторы бетона и, как следствие этого, вяжущие низкой водопотребности (ВНВ); стали применяться самоуплотняющиеся и литые смеси и т. д.; были созданы добавки на основе поликарбонатов. В настоящее время создаются бетоны с ультрадисперсными наполнителями. Современный принцип материаловедения в области бетонов и растворов – это переход на комплексные вяжущие и применение ультрадисперсных наполнителей и заполнителей. Однако необходимо решить проблему совместимости добавок. По мнению Ю.М. Баженова, в будущем будут широко применяться разнообразные типы бетонов, особенно тонкозернистые; для подбора составов и прогнозирования свойств бетонов будет использоваться компьютерное материаловедение.

После завершения пленарного заседания конференция велась на заседаниях двенадцати направлений: неоконкреты и наносистемы в строительном материаловедении; ресурсосберегающие тех-

нологии строительных и композиционных материалов; строительные конструкции, здания и сооружения, архитектура и градостроительство; эффективные материалы, технологии и машины для строительства и эксплуатации автомобильных дорог, обеспечение безопасности движения; инженерная защита окружающей среды; информационные технологии в управлении техническими системами и моделировании; современные проблемы энергоснабжения; инновационные технологии и оборудование в машиностроении; актуальные проблемы экономического развития; социальные и гуманитарные исследования в техническом вузе; здоровьесберегающие технологии, физическая культура и спорт в подготовке специалистов.

Большой интерес вызвал доклад канд. техн. наук **Л.Я. Крамар** (Челябинск), посвященный производству магнезиальных вяжущих веществ и изделий из них. Подробное изучение сырья, технологии его обжига для получения магнезиального вяжущего позволило выявить основные параметры, которые влияют на качество магнезиального камня, и избежать его самопроизвольного растрескивания. Для повышения водостойкости изделий из магнезиальных вяжущих веществ докладчиком было предложено вводить кренты. Проведенные исследования позволили на ряде объектов – оздоровительном комплексе «Робинзон» (Челябинск), торговых комплексах «Ашан» в микрорайоне Люблино (Москва) и г. Химки (Московская обл.), закрытой стоянке самолетов в аэропорту Шереметьево (Москва) обустроить полы из магнезиальных вяжущих веществ, которые отличаются высокими технологическими свойствами – прочностью при ударе, сжатии, изгибе и растяжении, износостойкостью, негорючестью, беспыльностью, высокой адгезией к бетонному основанию, антиэлектростатичностью, маслобензостойкостью, безусадочностью.

Практическим опытом обустройства промышленных полов из фибробетона поделился с участниками президент ООО «АСТРА – Технологии Бетонов» **Б. Карчевский** (Польша). Применение различных видов фибры – металлической, полимерной позволяет решать различные задачи. По мнению докладчика, весьма перспективной является фибра на основе кополимеров, сцепление которой с цементным камнем выше, чем у широко применяемой в настоящее время полимерной фибры.

Хорошо известно, что сделать хороший бетон можно из хорошего цемента. Разработка экспресс-метода контроля качества производства цементного клинкера по-прежнему остается актуальной задачей. В качестве такого метода, как сообщил канд. геол.-минер. наук **И.В. Жерновский** (Белгород), может быть использован количественный рентгенофазовый анализ, основанный на полнопрофильном методе (методе Ритвельда). Метод Ритвельда нашел широкое применение в практике зарубежных исследователей для изучения фазовых соотношений в цементном клинкере. Важным моментом при использовании метода Ритвельда для количественного анализа сложных поликомпонентных систем является полнота данных структурной модели, положенной в основу ритвельдовского уточнения концентрационных, аппаратурных и структурных параметров, т. е. ее адекватность исследуемому объекту. Количественный анализ фаз цементного клинкера позволяет получить не только количественные соотношения основных минералогических фаз, но и их полиморфные модификации. Такие данные, по мнению докладчика, могут служить, например, основой изучения причин различной гидратационной активности цементного клинкера, а также показателем степени завершенности процессов клинкерообразования.

Оценка показателей структуры материала, подчеркнул канд. техн. наук **Э.В. Котлярский** (Москва) в своем докладе, на разных этапах его получения и эксплуатации позволяет получить физически обоснованные количественные критерии качества исследуемого композиционного материала, направленно регулировать технологические параметры смесей, а также более надежно прогнозировать поведение материала при реальных эксплуатационных воздействиях. Изучение структурно-механических характеристик асфальтобетонных смесей и асфальтобетона позволило докладчику разработать расчетно-экспериментальную методику их качественной и количественной оценки.

И.В. Козлова,
канд. физ.-мат. наук



О системном подходе, в основе которого лежит рассмотрение кирпичной кладки как целостной системы, рассказал канд. техн. наук Ю.А. Беленцов (Санкт-Петербург)



О получении многофункциональных строительных композитов на основе высококонцентрированных вяжущих суспензий доложила инженер Э.О. Гащенко (Белгород)



Наиболее активными участниками заседания направления по композитам и наносистемам в строительном материаловедении были доктора техн. наук А.Е. Местников (Якутск) (фото вверху) и Б.Я. Трофимов (Челябинск)

Научно-практическая конференция по химии и технологии цемента

В московском «Президент-отеле» 26 октября 2007 года под эгидой Всероссийского экспертно-координационного совета по цементной промышленности состоялась научно-практическая конференция по химии и технологии цемента, включавшая пленарную и две тематические сессии.

Конференцию открыл председатель Экспертно-координационного совета Ю.А. Бурлов. Он подчеркнул выдающийся вклад отечественных ученых в современную науку о цементе и предоставил слово председателю секции вяжущих материалов Центрального правления РХО д-ру техн. наук, профессору Т.В. Кузнецовой, которая проинформировала собравшихся о результатах работы прошедшего в г. Монреале (Канада) XII Международного конгресса по химии цемента. Фактически международный конгресс подтвердил достижения отечественной науки в развитии таких приоритетных направлений химии цемента, как разработка специальных и многокомпонентных цементов. Однако объективные трудности в финансировании отраслевой науки заметно сократили участие наших специалистов в международных исследованиях по цементу. По мнению председателя правления Российского общества инженеров-строителей Ю.А. Лобова, вероятный путь разрешения этой проблемы – финансирование науки производителями цемента путем отчисления части прибыли.

Президент МИА Б.В. Гусев коснулся проблемы нанотехнологий. По его мнению, в их разработке должны участвовать как специалисты физико-математических наук, так и специалисты по строительным материалам. Он подчеркнул, что программы жилищного строительства в нашей стране ограничиваются возможностями существующей производственной базы цементной промышленности: вместо необходимого в соответствии с программой доступного жилья 1 м³ бетона/чел в стране выпускается лишь 0,5 м³ бетона/чел. Это при том, что в Великобритании производится 2, а в Японии – даже 6 м³ бетона/чел. При этом было отмечено серьезное отставание в области энергопотребления: в России энергозатраты на единицу продукции превышают мировой уровень в 2–2,5 раза. Кроме того, в качестве технологического топлива при обжиге цемента целесообразно использовать уголь.

Представитель РХТУ им. Д.И. Менделеева канд. техн. наук С.П. Сивков остановился на проблеме подготовки кадров, и в частности на внедрении двухуровневой системы (бакалавр-магистр) подготовки специалистов. Наряду с положительными сторонами такой системы, обеспечивающей интеграцию в международную образовательную систему, ее недостатком является слишком малый (четырёхлетний) срок подготовки бакалавров по специальности химическая технология неорганических веществ и материалов. Чрезвычайно важно обеспечить сотрудничество высшей школы и бизнес-сообщества как при прогнозировании потребности в специалистах, так и в содействии развитию материально-технической базы вузов.

В рамках первой тематической сессии конференции в выступлениях Ю.А. и И. Ю. Бурловых рассмотрены возможности разработанной в ОАО «Подольск-Цемент» плазменной технологии обжига цемента с использованием техногенных материалов. Именно плазменная печь рассматривается в качестве основного обжигового оборудования для заводов малой мощности

в цементдефицитных регионах страны. Выступления Ю.А. Бурлова и особенно М.А. Вердияна и С.И. Хвостенкова продолжили многолетнюю дискуссию о перспективности модернизации действующих и строительства новых цементных заводов, работающих по технологии сухого способа. Отрицая мировой опыт, при котором и для обжига влажных мелов (в Великобритании и США) используют агрегаты сухого способа, докладчики доказывали целесообразность использования мокрого способа производства цемента, ссылаясь на его относительную простоту и надежность. В выступлениях же В.К. Классена (БГТУ) и Г.Ю. Василика (ОАО «НИИцемент») целесообразность дальнейшего внедрения сухого способа производства в цементную промышленность России убедительно обосновывалась его высокой эффективностью; мокрый способ рассматривали как техническое решение при использовании сырья с особыми свойствами. В.А. Дубов (ЗАО «Волгоцемсервис») рассказал о современном состоянии цементного машиностроения. Компания выиграла тендер на поставку оборудования на ПРУП «Кричевцементношифер» (Беларусь). Докладчик поддержал идею государственного контроля за капиталовложениями в развитие отечественной цементной промышленности.

В выступлении О.И. Лобова подчеркивалась неразрывная связь производителей цемента и потребителей их продукции – бетонщиков. Именно этой проблеме была посвящена вторая тематическая сессия научно-практической конференции. Д-р техн. наук Л.А. Малинина (НИИЖБ) рассмотрела эффективность использования при производстве цемента минеральных добавок и подчеркнула то обстоятельство, что увеличение использования цемента с добавками напрямую связано с их стандартизацией. В настоящее время существует 27 видов цемента с добавками. В шести из них возможно использование в качестве добавки известняка, но такой цемент требует более высокой тонкости помола. Л.А. Малинина рассмотрела изменения требований стандартов к портландцементам и подчеркнула развившуюся за последние годы тенденцию к производству и потреблению чистоклинкерных цементов. В.А. Афанасьева (ГУП «НИИ Мосстроя») сформулировала требования к цементу московского строительного комплекса. Это в первую очередь удельная поверхность цемента около 400 м²/кг, исключающая водоотделение бетона, и наличие у цемента гигиенического паспорта. Докладчик проиллюстрировала результаты сотрудничества НИИ Мосстроя с основными поставщиками цемента на московский рынок: Михайловским, Шуровским, Мальцовским, Воскресенским и Вольским цементными заводами. В выступлении представляющей дорожное строительство Л.И. Алебастровой была раскрыта причина повышенной заинтересованности бетонщиков в использовании чистоклинкерных цементов: из-за непостоянства дозировки добавок цементы имеют нестабильные технологические и строительно-технические свойства. В сообщениях Ю.Р. Кривобородова (РХТУ им. Д.И. Менделеева) и С.В. Самченко (МИКХиС) были рассмотрены современные цементы специального назначения и на основе клинкеров специального состава. Была подготовлена резолюция конференции.

Л.А. Кройчук, канд. техн. наук

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КИРПИЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



С 1984 года мы производим высококачественное и надёжное оборудование для мировой кирпичной и черепичной промышленности, которое точно выполняет специфические требования заказчика в наилучшем из возможных вариантов.

Наши преимущества :

- Удовлетворение запросов заказчика
- Высокое качество обслуживания
- Профессионализм
- Коллективная работа
- Предложения по усовершенствованию

Наши производственно - сервисные поставки включают :

- Поставка завода методом «под ключ»
- Широкий диапазон продукции и технологических решений
- Эффективный монтаж и ввод в действие
- Опыт в реконструкции, модернизации
- Способность обеспечить требования заказчика на 100%
- Техническая поддержка



SABO S.A.

SABO S.A.
Vassiliko, Evia,
34002
Greece

Tel: +30 22210 51805 - 9
Fax: +30 22210 54073
sales@sabo.gr
www.sabo.gr



Три принципа бизнеса SABO

10–15 сентября 2007 г. группа российских руководителей и специалистов предприятий керамической промышленности посетила Грецию, где познакомилась с работой керамических заводов, построенных фирмой SABO. Поездка была организована редакцией журнала «Строительные материалы»® по приглашению фирмы SABO. В ходе поездки российские специалисты посетили головной офис фирмы SABO, ее производственные предприятия: SABO electric, CROM, SICAP.



Делегация российских керамиков в офисе фирмы SABO s.a.



На заводе SABO все оборудование собирается, тестируется, затем разбирается и отправляется заказчику



Генеральный директор ООО «Березниковский кирпичный завод» А.Ю. Чумаков (слева) и директор ООО «Стройтранссервис» Ю.Б. Аришин



Генеральный директор ООО «ИНТА-СТРОЙ» у экструдера черепичных заготовок

Первое знакомство фирмы SABO и редакции журнала «Строительные материалы»® состоялось на Международной выставке машин и оборудования для керамической промышленности Тесnargilla-2006. Затем по приглашению редакции специалисты фирмы приняли участие в V Международной научно-практической конференции «КЕРАМТЭК-2007». Их выступление вызвало живой интерес российских коллег. Учитывая, что SABO новый игрок на российском рынке оборудования и технологий для керамической промышленности, главный вопрос, который задавали специалисты – где можно увидеть реализованные проекты фирмы?

Намерения фирмы SABO относительно российского рынка оказались столь серьезны, что через некоторое время в редакцию поступило приглашение посетить Грецию. В состав делегации вошли директора и ведущие специалисты кирпичных заводов из Перми, Пензы, Калининграда, специалисты учебных и отраслевых научно-исследовательских институтов из Москвы, Казани и Омска. Их интересовал широкий круг вопросов: от сырьевой базы действующих предприятий и реализованных проектов до условий комплектных поставок и отдельных единиц оборудования в Россию.

Принимая российских коллег в головном офисе фирмы SABO, президент и владелец господин Д. Килиарис рассказал об истории ее создания, реализованных проектах и стратегии дальнейшего развития.

Фирма SABO была организована в 1984 г. вначале как коммерческая организация, поставявшая импортное оборудование для керамических предприятий Греции. Однако профильное образование, высокий профессионализм, большой опыт практической работы в итальянских инженеринговых компаниях позволили Д. Килиарису и его коллегам довольно быстро перейти от простой торговли оборудованием к комплектowaniu заводов, а затем и собственному производству оборудования для керамической отрасли. Первый завод «под ключ» был сдан в 1990 г.

К этому времени уже начала складываться промышленная группа SABO. В 1987 г. была создана фирма SABO electric, которая взяла на себя комплекс работ по обеспечению всей электрической части и систем автоматизации для керамических заводов и предприятий других отраслей. В 1991 г. в состав группы вошла строительная компания SICAP, которая строит промышленные здания и металлоконструкции, также в портфеле заказов фирмы жилые дома и дороги. Самым молодым членом группы является фирма CROM, присоединившаяся к SABO в 1996 г. О ее профиле говорит название. С появлением этой фирмы все шнеки, мундштуки, футеровки покрываются хромом, что существенно увеличивает их долговечность и повышает качество продукции. Также фирма занимается сервисным обслуживанием, ремонтом и восстановлением изнашивающихся частей оборудования, поставкой запчастей.



Делегация российских керамиков на кирпичном заводе в г. Шиматари



Семь потоков экструдированного бруса поступают в многострунный резчик, который...

В настоящее время производственные и офисные площади группы SABO составляют более 13 тыс. м², около 250 сотрудников обеспечивают выпуск продукции, которая поставляется не только в Грецию и соседние страны, такие как Албания, Румыния, Сербия, Чехия, Венгрия, но и в Египет, Саудовскую Аравию, Китай, Аргентину, Венесуэлу.

Что же позволяет на первый взгляд небольшой фирме из страны, которая не может похвастаться большими успехами в машиностроении и инжиниринге, динамично развиваться?

По мнению президента фирмы, господина Д. Килиариса, существенным конкурентным преимуществом фирмы является ее философия. Принципами бизнеса являются: высокое качество продукции, хорошо организованная мобильная служба сервиса и постоянная техническая помощь заказчику. Подтверждением правильности выбранного направления служат заводы различной мощности, расположенные в разных уголках земли.

Одним из последних заказов, выполненных группой SABO для международной группы Wienerberger, является кирпичный завод в северной Венгрии.

Для того, чтобы продемонстрировать возможности фирмы SABO хозяева выбрали предприятие Xalkis bricks & tiles industry S.A., расположенное на о. Эвия. В состав предприятия входят производства черепицы и кирпича.

Производство черепицы находится в г. Василико. Новая автоматизированная линия SABO установлена на нем менее двух лет назад, ее мощность 90 тыс. шт. черепицы в сутки.

Кирпичный завод фирмы в г. Шиматари работает уже более 14 лет. На нем выпускается широкий спектр многуплотных керамических блоков в объеме 1 тыс. т обожженного кирпича в сутки.

Интересно отметить, что проектная мощность предприятия была 600 т в сутки. Существенного повышения мощности удалось достичь за счет технологических приемов и дублирования оборудования на основных технологических переделах с тем, чтобы минимизировать простои.

Греция не может похвастаться наличием качественного глинистого сырья, поэтому на заводе используется привозное сырье. Карьеры расположены в 60 и 80 км, а высококачественную глину, которую используют как добавку, возят за 200 км. Однако оптимизация состава сырьевой шихты позволила снизить температуру обжига с 960 до 880°С, производить сушку изделий в течение 24–26 ч, а обжиг 18–20 ч, что компенсирует транспортные расходы.

Массоподготовка и прессование осуществляется на оборудовании итальянской фирмы Бедески, после пресса установлено оборудование фирмы SABO.

Высокая степень автоматизации и надежность оборудования позволяют оптимизировать численность обслуживающего персонала. Всего на кирпичном заводе занято 48 человек, в смену работает 4 инженера.

В настоящее время фирма SABO активно кооперируется с другими европейскими фирмами для решения производственных задач. В частности, при испытании сырья, подборе состава шихты и отработке технологических параметров партнером фирмы выступает чешская фирма Geobrick.

В память о визите российских коллег наша группа вручила руководителю фирмы SABO и руководителями кирпичного и черепичного производств фирмы Xalkis S.A. памятные знаки с девизом: «Объединение профессионалов гарантирует успех».

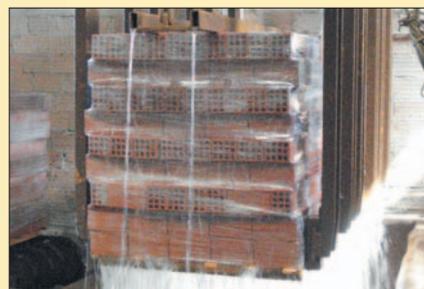
Культурная программа поездки включала посещение Храма Посейдона на мысе Сунион и экскурсию по Афинам с посещением Акрополя. Олимпийские боги ниспослали нам яркое солнце и теплое море, для группы российских специалистов-керамиков холодная осень началась на неделю позже.



Первый зам. ген. директора ОАО «Спецремстройтрест» В.В. Сирота наблюдает за садкой кирпича на печные вагонетки



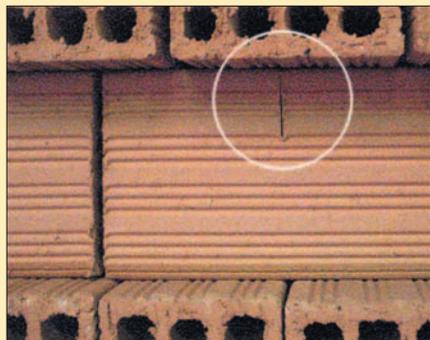
Через 20 ч. обожженный кирпич покидает печь



Замачивается уже упакованный в пленку транспортный поддон



Главный редактор журнала «Строительные материалы»® Е.И. Юмашева вручает памятный знак генеральному директору SABO s.a. господину Д. Килиарису



... позволяет часть изделий надрезать так, чтобы при необходимости получать половинки кирпича



Г.Д. Ашмарин интересуется качеством высушенного кирпича



Делегация под солнечным небом Афин на Акрополе

ГЕОЛОГИЯ • ТЕХНОЛОГИЯ • ЛАБОРАТОРИИ GEOLOGY • TECHNOLOGY • LABORATORIES

- геологическая разведка, основные и специальные лабораторные испытания
- geological research, basic and special laboratory tests

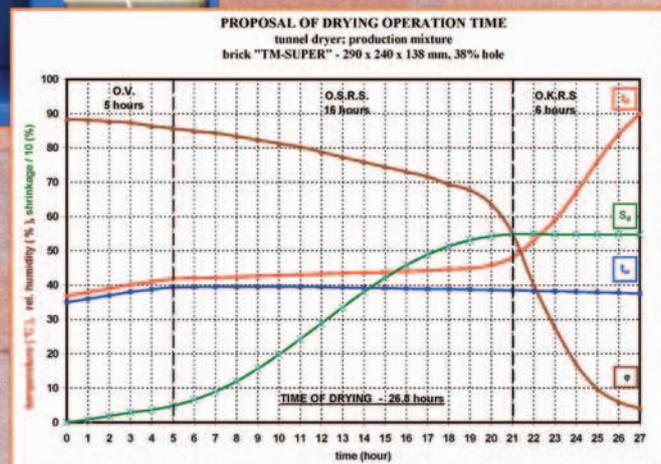
- геологическая и технологическая оценка месторождений для поставки кирпичных заводов
- geological and technological examination of clay pits for capital construction of new brick plants



- решение систем добычи сырья
- solution of excavation system
- решение составов рабочих смесей
- solution of composition of production mixtures
- предложение оптимальных режимов сушки и обжига
- proposal of optimum drying and firing curves



- техническое содействие
- technical support
- коммерческая деятельность
- business activity



Geobrick Si & Pe Ltd

Polní 23/25, 639 00 Brno, Czech Republic
tel. +420 543 215 589 • tel./fax +420 543 211 411
e-mail: geobrick@geobrick.cz • www.geobrick.cz



Фирма ЛИНГЛ принимает вызов: модернизация кирпичного производства Janinhoff («Янинхофф»)

Непростой вызов приняли специалисты германской фирмы «ЛИНГЛ» (LINGL) при модернизации кирпичного завода «Янинхофф» (Janinhoff) в г. Мюнстер-Хильтруп (Münster-Hiltrup). Хотя пространственные возможности на месте расположения предприятия были полностью исчерпаны, фирма ЛИНГЛ в течение года установила новейшую технику, начиная с сухой стороны и до разгрузочной установки – своего рода альтернатива новому строительству кирпичного завода

Кирпичные заводы «Янинхофф», основанные в 1907 г., производят в вестфальском г. Мюнстер-Хильтруп кирпич и клинкер, брусчатку, модульный и облицовочный кирпич. Ежегодно печь покидает около 20 млн шт. кирпича нормального формата, производство осуществляется семь дней в неделю в одну смену. Ассортимент продукции «Янинхофф» включает более 300 видов: кирпич с различной структурой поверхности, широкой цветовой гаммы, со смешанной сортировкой, различного формата, а также глазурованный. Эти практически безграничные возможности кирпичных заводов «Янинхофф» были использованы известными архитекторами при оформлении фасадов. Примером эффектного применения продукции фирмы являются музеи «Нольде» (Nolde) в г. Нибюль (Niebüll), «МАРТА» (MARTa) в г. Герфорд (Herford) и «Нойе Цольхоф» (Neue Zollhof) в дюссельдорфском Рейнхафен (Rheinhafen), а также привлекающий особое внимание центр искусства и СМИ калифорнийского архитектора Франка о. Генри.

Технологические ноу-хау, рентабельность и надежность эксплуатации, а также очень сознательное отношение к качеству, стали аргументами того, почему фирма «ЛИНГЛ» в сентябре 2006 г. получила заказ на модернизацию кирпичного производства «Янинхофф». Предварительные задачи: еще более высокое качество, меньший расход энергии, безотказность в эксплуатации машин и снижение затрат при производстве.

Подготовленный специально для «Янинхофф» автомат садчик, конструкция которого поражает простотой, обеспечивает максимальную гибкость. Модернизированное устройство опрокидывания позволяет создавать горизонтальную и вертикальную садку и обеспечивает бережную транспортировку заготовок. Автомат-садчик фирмы «ЛИНГЛ» позволяет осуществить даже самые необычные пожелания заказчика при окрашивании обожженной продукции.

Туннельная печь фирмы «ЛИНГЛ» отличается использованием высоких технологий. Наряду с традиционным обжигом в окис-

лительной среде здесь становится возможным также и создание краткосрочной восстановительной среды – периодическое редуцирование посредством редуционного байпаса и установки для измерения CO/CO₂. Две горелочные группы по бокам и две сводовые группы горелок обеспечивают оптимальное смешение газов в зоне подогрева, таким образом, создается особая температурная зона. В зоне окончательного обжига, где температура достигает 1250°C, установлено 13 групп сводовых горелок, две последние зоны обжига оснащены установками для создания восстановительной среды. Управление печью осуществляется посредством системы WinCC фирмы «ЛИНГЛ», панель управления этой системой, ориентированная на пользователя, может иметь индивидуальную, удобную для конкретного оператора конфигурацию.

После обжига пакеты обожженной продукции с помощью захвата пакетов снимаются с печной вагонетки и размещаются на разгрузочной линии. Два робота разгружают пакеты слой за слоем, следующие затем устройства опрокидывания и нанесения фаски обеспечивают бережную подготовку продукции к контролю качества. Разгрузочное устройство настроено таким образом, что в транспортном пакете достигается оптимальное перемешивание слоев кирпича; впоследствии это очень сильно облегчает переукладывание кирпича.

Дополнительный пневматический захват во время укладывания штабелей на поддоны прокладывает бумагу между слоями кирпича для дополнительной защиты ценной продукции от повреждений.

Модернизация кирпичного завода была успешно завершена в сентябре 2007 г., теперь в распоряжении «Янинхофф» находится самое современное в Европе производственное оборудование такого рода. Высокие требования к качеству выпускаемой продукции, которые происходят из 100-летней профессиональной традиции, теперь могут выполняться еще лучше. Девиз кирпичных заводов «Янинхофф» звучит так: «Все остальное – это только фасад.»



Автомат-садчик



Разгрузочное устройство с роботом-штабелеразборщиком



Загруженные печные вагонетки с передаточной тележкой для транспортировки к туннельной печи

Представительство фирмы LINGL
на территории
Российской Федерации и СНГ
196247 Россия, г. Санкт-Петербург,
Ленинский пр-т, д. 160, офис 303
тел/факс +7 812 703 4199,
моб. тел +7 911 812 2237

Hans Lingl Anlagenbau und
Verfahrenstechnik GmbH & Co. KG
Nordstraße 2
D-86381 Krumbach
Telefon +49 (0) 8282 / 825-0
www.lingl.com
lingl@lingl.com

Janinhoff GmbH & Co KG
Thierstraße 130
48165 Münster-Hiltrup
Telefon +49 (0) 2501 / 9634-0
www.janinhoff.de
info@janinhoff.de

С.В. ФЕДОСОВ, д-р техн. наук, член-корр. РААСН,
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет;
В.Е. МИЗОНОВ, д-р техн. наук, В.А. ОГУРЦОВ, канд. техн. наук,
Ивановский государственный энергетический университет

Моделирование классификации полидисперсных материалов на виброгрохотах

Вибрационные и другие типы грохотов широко распространены в промышленности строительных материалов. Они относятся к механическим классификаторам, разделяющим исходный полидисперсный материал на крупную и мелкую фракции, причем собственно разделение происходит на поверхности сита, через отверстия которого проходят мелкие частицы, а крупные задерживаются на нем. Вместе с тем желание иметь более высокую производительность или меньшие размеры сита приводит к тому, что материал движется по поверхности сита достаточно толстым слоем и частицам требуется определенное время, чтобы достичь поверхности сита. Время же пребывания материала на сите зависит от его длины. Таким образом, для того чтобы выбрать рациональные размеры сита при заданной производительности и эффективности извлечения мелкой фракции, требуется учесть довольно большое число взаимосвязанных факторов. Целью настоящей работы является построение достаточно общей математической модели кинетики грохочения, которая позволила бы снизить необходимый объем дорогостоящих экспериментальных исследований и повысить прогностические возможности метода расчета, что, в свою очередь, позволит избежать ошибок при проектировании.

Расчетная схема процесса показана на рис. 1. Слой материала, состоящий из частиц большего и меньшего размера, чем отверстия сита, движется по вибрирующей незначительно наклоненной поверхности сита. Частицы в слое под действием виброоживления приходят в движение поперек слоя. Это движение имеет случайную (диффузионную) составляющую и конвективную составляющую, для мелких частиц она направлена к поверхности сита. Предположим, что продольное перемешивание частиц достаточно мало и основные процессы протекают в поперечном направлении, а продольное движение определяет только полное время протекания процессов в этом направлении.

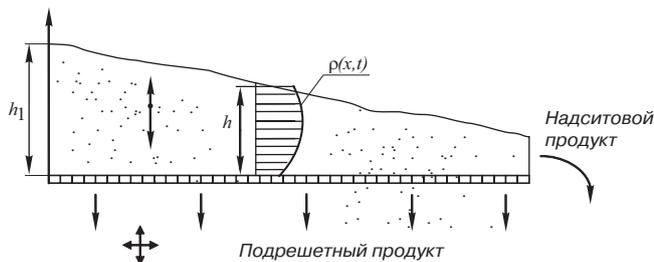


Рис. 1. Расчетная схема процесса грохочения

Объектом моделирования является степень извлечения ϵ мелкой фракции сырья (размер частиц меньше размера ячейки сита) в подрешетный продукт грохочения и ее зависимость от времени движения материала по поверхности сита $\epsilon(t)$, которая может описывать извлечение как всего мелкого продукта, так и его отдельных фракций, кинетика извлечения которых в общем случае разная.

Используем гипотезу Непомнящего о представлении блуждания частицы в сыпучем слое одномерным марковским процессом [1]. Учитывая диффузионный и сегрегационный механизмы движения частицы в псевдооживленном слое, считаем его несимметричным.

Плотность распределения вероятности положения частицы $\rho(x, t)$, адекватную относительной концентрации частиц данной фракции в слое сыпучего материала, определим из уравнения Колмогорова—Фоккера—Планка:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \rho}{\partial x^2} + C \frac{\partial \rho}{\partial x}, \quad (1)$$

где D — коэффициент макродиффузии; C — скорость упорядоченного переноса частиц.

Уравнение (1) удовлетворяет граничным и начальным условиям:

$$D \frac{\partial \rho}{\partial x} + C \rho \Big|_{x=h_1} = 0; \quad (2)$$

$$D \frac{\partial \rho}{\partial x} + C \rho \Big|_{x=0} = \alpha \rho; \quad (3)$$

$$\rho(x, 0) = \frac{1}{h_1}, \quad (4)$$

где α — коэффициент просеивания; h_1 — начальная высота слоя.

Условие (2) учитывает отсутствие потока частиц через верхнюю границу слоя; условие (3) означает, что поток частиц через сито пропорционален их концентрации. Начальное условие (4) соответствует равномерному распределению проходовых частиц по высоте слоя.

Будем считать, что для полидисперсного материала с заданными физико-механическими свойствами (гранулометрический состав, плотность грохотимого материала, форма зерен и др.), который классифицируется на виброгрохотах с заданными конструктивными и технологическими параметрами, коэффициент макродиффузии, коэффициент просеивания и скорость транспортирования сыпучей среды по поверх-

ности сита постоянны в течение всего времени грохочения. Задаем непрерывно меняющуюся высоту слоя кусочно постоянной функцией на m интервалах длины сита.

Решим уравнение (1) с учетом условий (2) и (3) методом Фурье, получим распределение нормированной плотности вероятности положения частицы в конце m -го участка сита:

$$\bar{\rho}_m(\bar{x}_m, \bar{\tau}_m) = \sum_{k=1}^{\infty} b_{mk} \exp\left[-\left(\psi_{mk}^2 + \frac{S_m^2}{4}\right)\bar{\tau} - \frac{S_m}{2}\bar{x}_m\right] \times \left[\frac{2\psi_{mk}}{2R_m - S_m} \cos(\psi_{mk}\bar{x}_m) + \sin(\psi_{mk}\bar{x}_m)\right], \quad (5)$$

где

$$\bar{\rho}_m = \frac{\rho_m(x, \tau_m)}{\rho_1(x, 0)}$$

τ_m – время движения материала в пределах одного участка; $\bar{x}_m = x/h_m$ – безразмерная координата; $\bar{\tau}_m = D\tau_m/h_m^2$ – безразмерная координата времени (аналог критерия Фурье); $S_m = Ch_m/D$, $R_m = \alpha h_m/D$ – безразмерные диффузионные критерии, аналогичные диффузионному критерию Пекле; ψ_{mk} – собственные числа трансцендентного уравнения:

$$tg(\psi_{mk}) = \frac{4\psi_{mk}R_m}{4\psi_{mk}^2 + S_m^2 - 2S_mR_m}. \quad (6)$$

Из свойства ортогональности собственных функций уравнения (5) определим безразмерный коэффициент:

$$b_{mk} = \frac{\int_0^1 \bar{\rho}_m(\bar{x}_m, 0) \left[\frac{2\psi_{mk}}{2R_m - S_m} \cos(\psi_{mk}\bar{x}_m) + \sin(\psi_{mk}\bar{x}_m)\right] d\bar{x}_m}{\int_0^1 \left[\frac{2\psi_{mk}}{2R_m - S_m} \cos(\psi_{mk}\bar{x}_m) + \sin(\psi_{mk}\bar{x}_m)\right]^2 \exp\left(-\frac{S_m}{2}\bar{x}_m\right) d\bar{x}_m}. \quad (7)$$

Так как распределение частиц i -й фракции по высоте сыпучего слоя на границе двух смежных участков сита не меняется, то:

$$\bar{\rho}_m(\bar{x}_m, 0) = \bar{\rho}_{m-1}(\bar{x}_{m-1}, \tau_{m-1}) \frac{h_m}{h_{m-1}}. \quad (8)$$

Высоту слоя на интервале m определим выражением:

$$h_m = h_1 \left(1 - \sum_{i=1}^{\Omega} \varepsilon_{i,m-1} c_{1i}\right), \quad (9)$$

где Ω – число проходных фракций; c_{1i} – содержание i -й фракции в исходном материале; $\varepsilon_{i,m-1}$ – извлечение i -й фракции на $m-1$ участках сита.

Эффективность классификации i -й фракции по всей длине просеивающей поверхности определится выражением:

$$\varepsilon_i = 1 - \int_0^1 \bar{\rho}_m(\bar{x}_m, \bar{\tau}_m) dx_m = 1 - \sum_{k=1}^{\infty} b_{mk} \frac{2R_m - \psi_{mk}}{(2R_m - S_m)(\psi_{mk}^2 + \frac{S_m^2}{4})} \exp\left[-\left(\psi_{mk}^2 + \frac{S_m^2}{4}\right)\bar{\tau}_m\right]. \quad (10)$$

При известных стохастических коэффициентах из выражения (10) можно рассчитать кинетику грохочения всех проходных фракций.

При организации работы виброгрохотов в промышленных условиях выбирают угол наклона просеивающей поверхности в зависимости от скорости транспортирования материала по ситам и, следовательно, от производительности грохота. Для эффективной работы аппарата требуется создать такой режим вибровоздействия сита на сыпучий слой, который обеспечит равномерное движение материала по ситам. Таким образом, скорость транспортирования влияет не на кинетику грохочения, а только на

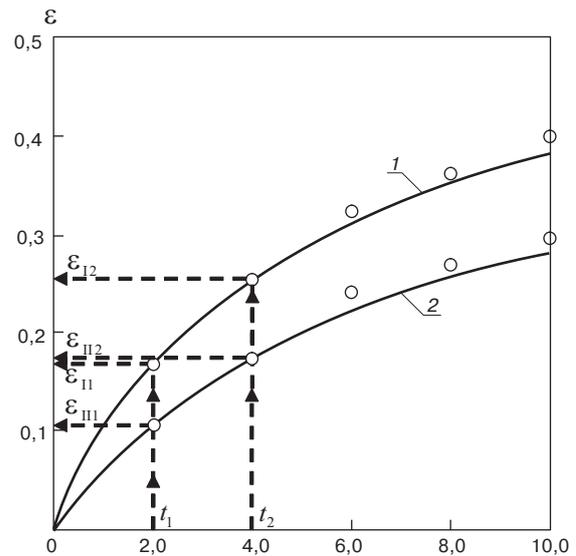


Рис. 2. Кинетика классификации при свободном (кривая 1) и затрудненном (кривая 2) проникновении мелких частиц через сито при одинаковых условиях грохочения

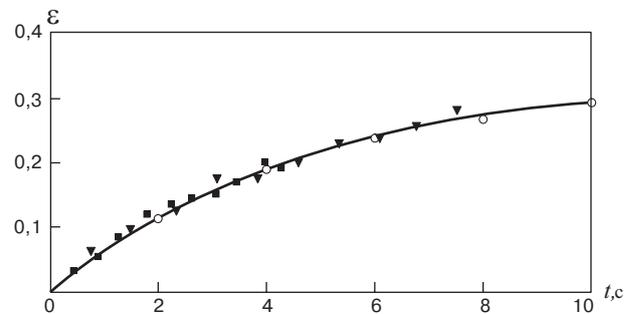


Рис. 3. Кинетика грохочения сыпучей смеси при периодической и непрерывной классификации: ○ – экспериментальные точки при периодической классификации; ■ – экспериментальные точки при непрерывной классификации; ▽ – угол наклона сита 15°, скорость транспортирования материала по ситам 0,11 м/с; ■ – угол наклона сита 25°, скорость транспортирования материала по ситам 0,19 м/с; — – расчетная кинетика грохочения

время пребывания сыпучего материала на сите. Определить стохастические коэффициенты для реального процесса можно, воспользовавшись результатами тестовых экспериментов по периодической классификации сыпучего материала, создав условия классификации, аналогичные реальным.

Результаты экспериментов показали, что макродиффузия, расслоение и затрудненность проникновения частиц через отверстия сита вносят сопоставимый вклад в интегральные характеристики грохочения. Пренебрежение каким-либо из этих факторов приводит к искажению физической картины процесса.

На основании метода, который позволяет определить коэффициент макродиффузии и коэффициент просеивания и основан на сопоставлении экспериментальной кинетики периодической классификации для случаев свободного и затрудненного проникновения частиц через отверстия сита [2], определим все стохастические коэффициенты, участвующие в описании процесса.

Рассмотрим пример классификации двухкомпонентной смеси частиц сульфогля крупностью $-8 + 6,3$ мм и $+2,8 - 1$ мм. Первую серию опытов проводили на сите с размером ячейки 5,6 мм, вторую – на сите с размером ячейки 4 мм. Условия классификации во всех опытах оставались неизменными. На рис. 2 приведены кинетические зависимости.

Будем считать, что извлечение мелких фракций на начальном малом интервале времени классификации не окажет существенного влияния на высоту грохотимого слоя. Подставим в уравнение (10) $h = \text{const}$ и сохраним в нем только первый член суммы ряда ввиду его быстрой сходимости, получим зависимость эффективности грохочения от времени:

$$\varepsilon = 1 - B \exp(-At), \quad (11)$$

где A и B – постоянные кинетики грохочения, определяемые по двум опытным точкам (рис. 2):

$$B = \frac{(1 - \varepsilon_1)^{\frac{t_2}{t_2 - t_1}}}{(1 - \varepsilon_2)^{\frac{t_1}{t_2 - t_1}}}, \quad (12)$$

$$A = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{1 - \varepsilon_1}{1 - \varepsilon_2}. \quad (13)$$

Результаты расчетов кинетики классификации (рис. 2) показали, что пренебрежение последующими членами суммы ряда уравнения (10) при $t=2$ с приводит к погрешности его вычисления, равной 2%; при $t=1$ с – 5%; при $t=0,1$ с – 10%.

После определения постоянных A_I и B_I ($A_I = 5,07 \cdot 10^{-2}$, $B_I = 0,92$) для кинетики классификации в случае свободного проникновения проходových частиц через отверстия сита и преобразования уравнения (6) (при этом $R = \infty$, что соответствует модели, когда сито считается «поглощающим экраном») найдем стохастические ко-

эффициенты D и C : $D = 3,42 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$; $C = 1,22 \cdot 10^{-3} \text{ м}/\text{с}$. Определим A_{II} ($A_{II} = 3,81 \cdot 10^{-2}$) для кинетики классификации в случае затрудненного проникновения проходových частиц через отверстия сита из найденных значений D и C по уравнению (6) найдем коэффициент просеивания α ($\alpha = 2,68 \cdot 10^{-3} \text{ м}/\text{с}$).

На рис. 3 представлены результаты периодической и непрерывной классификаций, которые получены на лабораторном стенде, повторяющем в миниатюре реальный процесс грохочения. Невысокие значения извлечения проходовой фракции объясняются короткой длиной лабораторного грохота. При построении расчетных зависимостей использовали стохастические коэффициенты, найденные по предлагаемой методике.

Проведение тестовых опытов на ситах с различным размером ячеек позволит определить стохастические коэффициенты всего класса проходových фракций многокомпонентного сыпучего материала для расчета процесса классификации промышленного грохота с заданным режимом вибрации и размером ячеек сита.

Список литературы

1. *Непомнящий Е.А.* Кинетика некоторых процессов переработки дисперсных материалов // Теоретические основы химической технологии. 1973. Т. 7. № 5. С. 754–763.
2. *Дашевский В.И., Непомнящий Е.А.* К расчету технологического эффекта сепарирования зерна на плоских ситах // Труды ВНИИ зерна и продуктов его переработки. 1972. Вып. 73. С. 64–71.

Информация

Научно-практический семинар

«Вопросы обеспечения пожарной безопасности покрытий на основе металлического профилированного листа»

В сентябре 2007 г. на базе ФГУ ВНИИПО МЧС России состоялся научно-практический семинар «Вопросы обеспечения пожарной безопасности покрытий на основе металлического профилированного листа». На семинаре были рассмотрены теоретические и практические аспекты пожарной опасности плоских кровель с использованием горючих материалов, методы их испытаний, состояние противопожарного нормирования в строительстве, страхования объектов с учетом уровня их противопожарной защиты.

Одним из важных направлений деятельности института является разработка передовых методов испытаний строительных конструкций и материалов, объективной оценки их пожарной опасности и обоснования требований пожарной безопасности при их применении, особенно, в зданиях с массовым пребыванием людей, на уникальных и особо важных объектах. В выступлениях было сообщено о методах определения показателей пожарной опасности строительных материалов, действующих в нашей стране и странах Евросоюза. В настоящее время на экспериментальной базе института имеется возможность осуществлять испытания строительных материалов по Европейской классификации в полном объеме. Было обращено внимание участников семинара на тот факт, что полученные в некоторых испытательных лабораториях данные по группам горючести Г1 и Г2 для утеплителя из пенополистирола и экструдированного пенополистирола не подтверждаются в других лабораториях и скорее всего являются некорректными. Были приведены примеры пожаров с ка-

тастрофическими последствиями, при использовании конструкций покрытий с утеплителем из пенополистирола, разъяснена суть отечественной классификации таких конструкций.

Экспериментальная часть семинара включала маломасштабные огневые испытания теплоизоляционных материалов, применяемых в конструкциях покрытий, и крупномасштабные огневые испытания самих конструкций покрытий фрагментов зданий.

Маломасштабные испытания предусматривали одновременное воздействие пламени пяти газовых горелок на пять образцов теплоизоляционных материалов (пенополистирол, экструдированный полистирол, фенол-резольный пенопласт (ФРП), пенополиуретан (ППУ) и минвата). Эксперименты показали следующее: пенополистиролы в течение нескольких секунд расплавились и выгорели; ППУ и ФРП обуглились, наблюдались пробежки пламени по поверхности; образец минваты остался практически невредимым. Крупномасштабные эксперименты проводились по специальной методике, целью которой являлась сравнительная оценка поведения конструкций, включающих различные виды теплоизоляций (пенополистирол, экструдированный пенополистирол и минвата) при тепловом воздействии очага пожара снизу (горючая нагрузка – штабели из брусков древесины) одновременно на трех фрагментах зданий. Опыты наглядно продемонстрировали высокую пожарную опасность конструкций покрытий, имеющих в своем составе горючую теплоизоляцию.

С.В. ДУГУЕВ, В.Б. ИВАНОВА, кандидаты техн. наук, ООО «Би.Эл.Спектр» (Москва)

Тонкое и сверхтонкое измельчение твердых материалов – путь к нанотехнологиям

Процессы измельчения твердых материалов широко используются в самых различных отраслях производства. Изучением этих процессов занимается физико-химическая механика. Физико-химическая механика сложилась как наука о явлениях, происходящих в технологических процессах, основу которых составляют различные формы разрушения твердых материалов. Жизнеобеспечение и вся современная культура человечества зависят от огромного количества таких технологий.

Измельчение твердых материалов, освоенное человечеством с незапамятных времен, в наше время относится к числу самых энергоемких, материалоемких и распространенных технологических процессов. Его осуществляют, как правило, механическим разрушением крупных фрагментов ударным и/или сдавливающим действием в аппаратах различных конструкций.

Ежегодно несколько миллиардов тонн различных материалов, таких как руды, угли, цементы, минеральные удобрения, подвергают дроблению и измельчению. Наряду с ними в меньшем объеме измельчают такие деликатные товары, как продукты питания, муку, сахар, кофе, пряности и лекарственные препараты. Эволюция науки и технологии закономерно привела к тому, что технологические процессы измельчения, равно как и механизмы для их осуществления, были доведены до относительного совершенства.

Измельчение проводят в разного рода дробилках и мельницах, которые отличаются друг от друга конструкцией, способом или принципом обработки, а также степенью измельчения материала.

В зависимости от размеров частиц исходного сырья и требований к конечному продукту измельчение материала проводят либо в один, либо в несколько приемов. Характер исходного сырья и требуемая степень измельчения определяют число ступеней измельчения и тип измельчительного оборудования. Процесс ведут в открытом цикле, когда перерабатываемое сырье вторично не возвращается в измельчитель, из которого оно вышло, или в замкнутом цикле с классификатором, когда крупные частицы, не удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к размеру конечного продукта, вновь возвращаются в тот же агрегат для дальнейшей обработки.

Разнообразие типов и размеров измельчителей объясняется масштабами, характером и конечной целью производства. Диапазон разброса агрегатов по производительности варьируется от нескольких килограммов до сотен тонн в час.

До недавнего времени измельчительные агрегаты использовались только по своему прямому назначению – для получения более мелких кусков или частиц материала и увеличения его удельной поверхности. Однако исследование процессов, происходящих в условиях особо тонкого измельчения, открыло возможности для создания технологий, основанных на принципах и методах механохимии и твердофазного синтеза, с по-

мощью которых можно придавать обрабатываемым материалам необходимые свойства или создавать новые материалы. В условиях высокой концентрации энергии в помольной камере и обусловленных этим значительной частоты и энергии взаимодействия мелющих тел с частицами измельчаемого материала происходит не только интенсивное измельчение обрабатываемых частиц, но и изменение их физико-химического состояния и структуры – механохимическая активация вещества.

В процессе механохимической активации происходит нарушение и преобразование кристаллической решетки вещества вплоть до перехода его в аморфное состояние. Переход вещества в новые кристаллические формы (модификации) сопровождается увеличением потенциальной энергии тонкодисперсного продукта вследствие увеличения его поверхностной энергии и накопления энергии деформационного объема. При этом изменение энергетического состояния вещества вызывает соответственное изменение его химической активности, то есть вещество аккумулирует на своей свободной поверхности и кристаллической решетке часть энергии взаимодействия мелющих тел с частицами измельчаемого материала, которая затем проявляется в форме различных механохимических процессов, влияющих на направление и скорость химических реакций.

Современными исследованиями доказано, что тонкодисперсное измельчение вещества, сопровождаемое его активацией, позволяет интенсифицировать многие технологические процессы: обогащение руд, выщелачивание компонентов из минерального сырья, улучшение агрохимических свойств удобрений, получение строительных материалов с новыми свойствами и др.

В ряде наших работ исследовалась возможность получения порошкообразных красок. В результате были созданы образцы продукции, не имеющие аналогов на российском рынке. При этом выяснилось, что осуществление технологических процессов получения тонкодисперсных композиционных материалов с использованием механохимического твердофазного синтеза возможно только в высокоэнергонапряженных измельчительных агрегатах – измельчителях, в которых материалу передается максимально возможное количество энергии, а величина ускорения частиц достигает нескольких десятков g .

Современное материаловедение требует появления все более дисперсных порошков, так как повышение дисперсности позволяет расширить возможности для конструирования материалов с заданными свойствами, в том числе создавать новые композиционные материалы. Известно, что традиционный метод получения порошков измельчением в шаровых мельницах ограничен дисперсностью в 1 мкм, поэтому в последние годы интенсивно развивались немеханические методы получения тонкодисперсных порошков, среди которых можно

назвать плазмохимический, криохимический, различные методы осаждения и др. Эти методы позволяют достичь дисперсности порядка 0,1–0,01 мкм. Однако они имеют ряд недостатков: сложны, специфичны, а порошки имеют высокую стоимость.

Развитие механических методов получения порошков сопровождается увеличением энергонапряженности мельниц. На вибромельницах, атриторах повышенной напряженности удается достигать дисперсности порядка 0,3 мкм, а на сверхзвуковых струйных мельницах – 0,2 мкм. Наиболее энергонапряженные из существующих мельниц – планетарные – могут обеспечить (при центробежном факторе $g=60$) на некоторых хрупких материалах среднюю дисперсность около 0,02 мкм, что сопоставимо с лучшими результатами, полученными немеханическими методами. Однако в данном случае речь идет о лабораторном варианте мельницы с загрузкой в несколько граммов.

Аппараты, реализующие **механический способ измельчения**, делятся на две основные группы: мельницы со свободными и закрепленными мелющими телами. Отдельную группу составляют аппараты без мелющих тел – струйные и ударно-центробежные мельницы.

Классификация измельчителей.

Для измельчения твердых материалов существует много типов измельчителей различного принципа действия, однако постоянно ведется разработка более совершенных конструкций. Это вызвано следующими причинами:

- громоздкостью современных измельчителей и их низким коэффициентом полезного действия;
- возрастающей потребностью в тонкоизмельченных материалах (несколько мкм и менее 1 мкм);
- появлением новых материалов с особыми физико-механическими свойствами, нуждающихся в измельчении;
- повышением требований к чистоте продуктов измельчения;
- необходимостью уменьшения расхода энергии и металла на единицу измельченного материала.

Последняя причина имеет особое значение в технике измельчения. При сравнительно крупном помоле (менее 100 мкм) энергозатраты составляют 20–30 кВт·ч/т, а при получении продукта с дисперсностью частиц менее 10 мкм расход энергии увеличивается до 150 кВт·ч/т и более.

По способу измельчения все измельчители можно разделить:

- раскалывающего и разламывающего действия;
- раздавливающего действия;
- истирающе-раздавливающего действия;
- ударного действия;
- ударно-истирающего действия.

В основу принятой классификации измельчителей положен основной способ, с помощью которого измельчают материал. При необходимости измельчить какой-либо материал до частиц нужного размера сначала определяют способ, которым можно достичь желаемого результата, а затем уже подбирают измельчительный агрегат.

Как правило, основному способу измельчения всегда сопутствуют другие, второстепенные. Например, в раздавливающем или ударном измельчителе происходит и истирание, но оно не является основным способом обработки, а возникает произвольно и трудно поддается количественной оценке. Так же и в истирающе-раздавливающем действии возможно измельчение ударом, однако оно носит сопутствующий характер. Следует отметить, что тонкое и особо тонкое измельчение вещества имеет свои особенности по сравнению с мелким и тем более крупным измельчением.

Известно, что наименее энергоемким является такое разрушение, при котором предельное напряженное состояние локализовано в ограниченном объеме твердого тела. При соприкосновении поверхности разрушаемой частицы с мелющими телами на границе их контакта в поверхностных слоях появляются разрушающие трещины. Это связано с тем, что вблизи поверхности сосредоточено большое количество дефектов, облегчающих образование трещин, а на границе контакта возникают наибольшие напряжения. При крупном или мелком дроблении размеры мелющих тел соизмеримы с кусками материала, поэтому обеспечиваются благоприятные условия для возникновения в материале таких локализованных напряженных состояний, которые приводят к его разрушению.

Совершенно иная картина наблюдается при стремлении достичь тонкого измельчения продукта. В данном случае размеры мелющих тел значительно выше, чем у частиц измельчаемого материала, поэтому создание в них локализованных предельных напряжений весьма затруднительно. При воздействии мелющего тела на массу частиц достаточно большой дисперсности она ведет себя по отношению к внешнему воздействию подобно вязкой жидкости. Поэтому при взаимодействии мелющего тела с массой измельчаемого материала ударная или статическая нагрузка в зоне контакта распределяется между всеми частицами достаточно равномерно, не создавая в них предельных разрушающих напряжений, а кинетическая энергия мелющего тела рассеивается в виде тепловых и вибрационных потерь.

Кроме того, при тонком и сверхтонком измельчении имеют место такие явления, как агрегация и масштабное упрочнение частиц, на что также расходуется энергия. С уменьшением размеров измельчаемой частицы область локализованного напряженного состояния в зоне контакта мелющего тела с частицей уменьшается. Вследствие этого величина сдвиговых напряжений, необходимых для образования разрушающей трещины, значительно возрастает. Таким образом, с уменьшением размеров частиц преобладающим механизмом разрушения становится усталостное разрушение под действием периодических нагрузок, величина которых значительно меньше разрушающего усилия одноциклового нагружения. Затраты энергии на усталостный процесс измельчения будут тем больше, чем больше разница между величиной нагрузки, при которой происходит усталостное разрушение, и предельным разрушающим напряжением. С увеличением этой разницы растет число циклов нагружений, предшествующих разрушению частицы. Какое-то количество частиц разрушается благодаря взаимному истиранию при их перемещении относительно друг друга в массе материала. Скорость абразивного разрушения измельчаемых частиц зависит как от давления между движущимися слоями, так и от скорости их взаимного перемещения.

Таким образом, в первом приближении требования к агрегату для эффективного тонкого измельчения твердых материалов сводятся к тому, что он должен обеспечивать высокую частоту и максимально возможную абсолютную величину нагрузок на обрабатываемый материал. Стремление к реализации этих условий ведения процесса порождают новые проблемы, которые связаны с конструкцией и прочностными характеристиками самого измельчительного оборудования.

Синтез новых соединений является одной из основных задач химии и современной науки в целом. Для решения этой проблемы применяются и разрабатываются новые методы иницирования и ускорения химических реакций и физико-химических превращений. Одним из таких методов, имеющих огромные перспективы и содержащих в себе мощный инновационный потенциал,

является метод **механической активации**, заключающийся в проведении твердофазных реакций в измельчительных аппаратах. Как упоминалось выше, твердофазный синтез обеспечивает ряд существенных преимуществ перед другими технологическими процессами. Это — сравнительная простота осуществления процесса, возможность проводить реакции без растворителей, а также отсутствие вредных стоков и выбросов в атмосферу, что особенно важно в свете современных экологических требований к производству. К недостатку твердофазного синтеза можно отнести низкую скорость реакций, которая лимитируется в данном случае интенсивностью диффузионных массообменных процессов.

Воздействие на некоторые вещества в процессе их измельчения мощных механических нагрузок вызывает не только увеличение удельной поверхности, необходимое для реализации многих технологических процессов, но и повышение реакционной активности. Как показывают исследования в области механохимии, в процессе совместной механической обработки смесей твердых материалов происходит измельчение и пластическая деформация вещества. При этом ускоряются процессы массопереноса и происходит смешение компонентов на атомном уровне, что и обеспечивает ускорение химического взаимодействия между твердыми реагентами. При обработке двух-, трех- и многокомпонентных смесей порошков в высокоэнергонапряженных измельчительных аппаратах осуществляется синтез новых соединений. В этом случае измельчительный агрегат играет роль реактора. Механическая обработка снимает кинетический запрет на перенос массы, и он осуществляется на поверхности контакта, в приповерхностном слое или объеме по тем механизмам, которые характерны для процессов трения и пластического деформирования.

Для понимания процесса образования структуры и строения тонкодисперсных композиционных материалов, получаемых с помощью средств и методов механической активации, необходимо представлять себе механизм протекания механохимических реакций. Основные задачи механохимии как науки определены следующим образом:

- изучение механизма реакций, происходящих в результате механического воздействия на вещество;
- выяснение причин, из-за которых реакционная способность твердых веществ изменяется после механического воздействия.

В настоящее время не существует однозначного объяснения причин, в силу которых твердые вещества становятся реакционноспособными. Наиболее полно модели механохимических процессов и твердофазного синтеза в измельчительных агрегатах рассмотрены и проанализированы в работах академика В.В. Болдырева, одного из основоположников механохимии как науки в целом.

Экспериментальные данные, раскрывающие специфику механохимических процессов, привели к созданию модели механической активации, которая выглядит следующим образом. Вследствие механического воздействия в определенных областях твердого вещества, обычно приконтактных, создается поле напряжений. Релаксация поля напряжений может происходить несколькими путями: выделением тепла, образованием новой поверхности, образованием различного рода дефектов в кристаллах, возбуждением химических реакций в твердой фазе.

Преимущественное направление релаксации зависит от свойств материала (вещества), условий нагружения (объем и мощность подведенной энергии, соотношение между давлением и сдвигом и др.) и свойств частицы (размера, формы и др.). Поскольку механическая обработка обычно происходит в измельчительных ап-

паратах, следует учитывать особенности процессов, которые при этом протекают. Одна из таких особенностей — импульсный характер воздействия, который в ряде случаев может служить объяснением специфики инициирования механохимических реакций.

Состояние исследований в области механохимии можно пояснить на примере процессов активации и синтеза. К активации относят изменения атомной (молекулярной, надмолекулярной) структуры реагентов, вызванные механическими воздействиями и сохраняющиеся длительное время. Однако механические воздействия приводят не только к долгоживущим нарушениям химического строения и кристаллической структуры. Возникают колебательные и электронные возбуждения, ионизированные состояния, действуют новые формы молекулярной подвижности и др. Все эти изменения кратковременны и проявляются непосредственно во время механических воздействий на реагенты и их смеси. Поэтому механические превращения, и прежде всего реакции синтеза, осуществляемые непосредственно во время механической обработки, также относят к категории механохимических процессов.

Подводимая энергия в этих условиях используется значительно полнее. К сожалению, высокий уровень активации в практике измельчения до сих пор не принято использовать. Первым понял это И. Хинт, который построил технологию производства силикальцита, основанную на эффекте активации оксидов, а не только на приросте площади поверхности при измельчении [1]. В настоящее время сформулированы представления о свободно-радикальном механизме разрыва связей и о роли свободных радикалов в последующих изменениях химического строения веществ, которые происходят на фоне разупорядочения надмолекулярной структуры и статической электризации [2]. Образование метастабильных химически активных структур при механической обработке является общим свойством твердых тел вне зависимости от природы межатомных взаимодействий.

К большой группе механохимических превращений относятся химические реакции, прежде всего реакции синтеза, в которых во время механической обработки смеси из 2–3 исходных веществ формируется новая фаза конечных продуктов. Как правило, при синтезе неорганических соединений реактором служат энергонапряженные вибрационные, планетарные, ударно-центробежные, виброцентробежные мельницы. Сам по себе факт синтеза в этих условиях доказывает возможность реорганизации кристаллических структур в результате механической обработки реагентов. Синтез начинается с деформационного перемешивания на атомном уровне или на уровне кластеров, а завершается формированием новой, часто метастабильной структуры продуктов реакции. Учитывая это обстоятельство, совершенно логично отнести описанные превращения к области нанотехнологий.

Исходя из определения нанотехнологий, включающего такие понятия, как атомная сборка молекул, локальная стимуляция химических реакций на молекулярном уровне и др., можно отметить, что механохимические превращения, происходящие в высокоэнергонапряженных измельчительных агрегатах в объемах тонких (менее 1 мкм) слоев, представляют собой нанопроцессы, позволяющие придавать материалам новые свойства или синтезировать новые материалы.

Список литературы

1. Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. М.—Л.: ГСИ, 1962. 600 с.
2. Dubinskaja A.M. Chemistry Reviews. 1998. V. 23. Part II, P. 201.

В.С. БОГДАНОВ, д-р техн. наук, Ю.М. ФАДИН, канд. техн. наук,
С.С. ЛАТЫШЕВ, канд. техн. наук, Д.В. БОГДАНОВ, инженер,
И.С. СЫРОВАТСКИЙ, инженер, Белгородский государственный
технологический университет им. В.Г. Шухова

Синтез уравнения кинетики измельчения для шаровых мельниц с внутримельничным рециклом

Наибольшее распространение в производстве цемента при помоле сырья и клинкера как в России, так и за рубежом получили шаровые барабанные мельницы (ШБМ). Существенным недостатком ШБМ является то, что только 60% мелющих тел активно участвуют в измельчении, а остальные 40% составляют застойные зоны в центральной части загрузки, не измельчают материал и препятствуют его продольному перемещению. Кроме того, уже в первой камере ШБМ открытого цикла измельчения образуется около 50% готового продукта, последующее нахождение которого в барабане не только снижает эффективность помола, но приводит к агломерации частиц и к существенному снижению качества готового продукта. Это объясняется особенностью движения мелющих тел, которые перемещаются только в поперечном сечении барабана [1–3]. В связи с этим ШБМ обладают низкой эффективностью процесса измельчения. Например, у ШБМ $\varnothing 4 \times 13,5$ м, работающей в открытом цикле измельчения, при помоле цемента до удельной поверхности $350 \text{ м}^2/\text{кг}$ и с максимальной производительностью 90 т/ч удельный расход энергии по главному приводу составляет $33,36 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$, а с учетом привода сепаратора, элеватора и вспомогательных устройств (питателя, вентилятора) он возрастает до $38\text{--}41 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$. Остаток на сите 008 готового цемента равен $6\text{--}7\%$, а за 1 м до выходной решетки – $3\text{--}5\%$. Аналогичные показатели по удельному расходу энергии имеют и зарубежные ШБМ.

Впервые в мировой практике предложена принципиально новая конструкция ШБМ, отличительной особенностью которой является то, что мелющие тела перемещаются одновременно как в поперечном, так и в продольном направлениях, при этом застойные зоны разрушаются, эффективность измельчения существенно возрастает [1–11]. Например, для мельницы $\varnothing 4 \times 13,5$ м при реализации режима продольно-поперечного движения за счет снижения массы мелющих тел с 240 до 140 т , потребляемая мощность привода снижается с 3170 до 2450 кВт . Вследствие этого удельный расход энергии по главному приводу при той же производительности снижается до $24,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$.

Конструкция таких мельниц [5, 6] защищена патентами СССР и РФ, запатентована в 22 странах (США, Германия, Франция, Англия, Испания, Китай и др.). Принцип поперечно-продольного движения в ШБМ реализован на всех типоразмерах отечественных мельниц: $\varnothing 2,6 \times 13$; $\varnothing 3 \times 14$; $\varnothing 3,2 \times 15$; $\varnothing 4 \times 13,5$; $\varnothing 4,2 \times 10,5 \text{ м}$. В Китае такие мельницы работают на 50 цементных заводах.

Главным показателем работы ШБМ при помоле цемента наряду с производительностью и удельным рас-

ходом энергии является характеристика зернового состава (R_{008}), %, и удельная поверхность (S), $\text{м}^2/\text{кг}$.

Универсальным показателем тонины помола цемента является процентный остаток готового цемента на сите с размером ячейки 80 мкм – R_{008} .

Наибольшее распространение для расчета этой характеристики получило уравнение кинетики измельчения Товара [3]:

$$R = R_0 e^{-kt^m}, \quad (1)$$

где R_0 , R – исходный и конечный суммарные остатки продукта измельчения на контрольном сите через время t ; k , m – параметры, характеризующие свойства измельчаемого материала и условия процесса измельчения.

Параметр m равен тангенсу угла наклона прямой кинетики процесса измельчения $R = f(k, m, t)$ в координатах $\ln R - \ln \ln t$ [9] и характеризует измельчаемость и дисперсию распределения фракций, которая тем больше, чем меньше значение m . Для цемента с $R_{008} \leq 10\%$ он изменяется в пределах $0,8\text{--}1,1$ [2, 3].

Параметр k – безразмерная константа скорости измельчения определяется из соотношения $k = 1 / [(\ln(R_0/R))^{-m}]$.

Для упрощения расчетов с учетом экспериментальных данных на практике используется эмпирическое уравнение [2, 3]:

$$k = 2,3 \cdot e^{-1,53t_{10}^{0,24}}. \quad (2)$$

Существенным недостатком всех известных уравнений кинетики является то, что они характеризуют уменьшение крупности измельчаемого материала от продолжительности измельчения $R = f(t)$, не накладывая при этом никаких ограничений на возможный вид зависимости от других факторов, оказывающих влияние на кинетику измельчения [2, 3].

В разработанных мельницах [5, 6] такими факторами являются φ_1 – коэффициент загрузки барабана мельницы мелющими телами; φ_2 – коэффициент загрузки материалом; α – угол наклона трубошнека в трубе рецикла; β – угол наклона энергообменного устройства.

Проведенный анализ влияния указанных факторов на скорость измельчения подтверждает, что уравнение кинетики измельчения (1) в известном виде не может быть применено для описания измельчения в мельницах с поперечно-продольным движением (ППД) загрузки и рециклом измельчаемого материала.

Влияние факторов φ_1 , φ_2 , α и β может быть учтено через параметры k и m путем нахождения зависимостей:

$$k = f(\varphi_1, \varphi_2, \alpha, \beta) \quad \text{и} \quad m = (\varphi_1, \varphi_2, \alpha, \beta). \quad (3)$$

Измельчаемый материал	Время τ измельчения до 10% остатка на сите 008, мин	Параметры уравнений кинетики			
		k	m	t' , мин	t'_{10} , мин
Клинкер Михайловского завода	6,93	0,3887	0,892	2,88	7,34
Клинкер Ульяновского завода	5,3	0,4661	0,97	2,19	5,18
Смесь клинкеров Михайловского и Ульяновского заводов в соотношении 1:1	5,57	0,4645	0,886	2,38	6,08
Смесь клинкеров тех же заводов в соотношении 3:1	5,77	0,4145	0,963	2,49	5,93
Смесь клинкеров тех же заводов в соотношении 1:3	5,15	0,4635	0,964	2,22	5,27

На основании многофакторного эксперимента ЦКРП 24 на модели мельницы $\varnothing 0,32 \times 1,5$ м получены следующие уравнения регрессии для расчета величин k и m :

$$100k = 2,28 + 0,16\varphi_1 + 0,18\alpha - 0,15\varphi_2 + 0,07\beta - 0,44\varphi_1\alpha + 0,06\varphi_1\varphi_2 - 0,33\varphi_1\beta + 0,24\alpha\varphi_2 - 0,14\alpha\beta - 0,33\varphi_2\beta + 0,01\varphi_1^2 + 0,21\alpha^2 + 0,03\varphi_2^2 + 0,08\beta^2; \quad (4)$$

$$m = 113 - 0,30\varphi_1 - 5,6\alpha - 0,14\varphi_2 - 0,90\beta + 4,7\varphi_1\alpha - 0,6\varphi_1\varphi_2 + 4,6\varphi_1\beta - 2,2\alpha\varphi_2 + 1,2\alpha\beta + 3,3\varphi_2\beta - 2,2\varphi_1^2 + 6,2\alpha^2 - 1,0\varphi_2^2 - 1,5\beta^2. \quad (5)$$

Для более глубокого понимания физической сущности измельчения при поперечно-продольном движении загрузки и рецикле измельчаемого материала необходимо иметь такие показатели экспоненты в уравнении кинетики, которые были бы зависимыми, т. е. функции их разделены. С этой целью предложена следующая формула уравнения кинетики:

$$R = R_0 e^{-(t/t')^m}. \quad (6)$$

Уравнение (6) от (1) отличается тем, что в нем параметр k заменен соотношением:

$$k = (t')^{-m}, \quad (7)$$

где t' – время измельчения материала до заданной тонкости R_t , при $R_{t_0} = 100\%$ в условиях поперечно-продольного движения мелющих тел:

$$t' = f(\varphi_1, \varphi_2, \alpha, \beta). \quad (8)$$

С учетом (3), (7) уравнение (6) примет вид:

$$R = R_0 e^{-\left[\frac{t}{t'(\varphi_1, \varphi_2, \alpha, \beta)}\right]^{m(\varphi_1, \varphi_2, \alpha, \beta)}}. \quad (9)$$

Преимущество предложенной формы уравнения кинетики измельчения (9) в сравнении с уравнением (1) заключается в том, что оно не только учитывает характеристику измельчаемости материала m , но также и режим работы мельницы – величину коэффициента загрузки мелющими телами φ_1 и измельчаемым материалом φ_2 , интенсивность рецикла (внутримельничной классификации), характеризуемую углом наклона трубошнека и интенсивностью поперечного движения мелющих тел α , характеризуемой углом наклона межкамерной перегородки β .

Ни в одном известном к настоящему времени уравнении кинетики измельчения не учитываются подобные конструктивно-технологические параметры работы трубных шаровых мельниц.

По аналогии с уравнением (1) уравнение (6) путем введения параметра a можно привести к виду [2, 11]:

$$R = R_0 e^{-a(t/t')^m}, \quad (10)$$

где $a = \ln(R_0/R_k)$; R_k – предельно допустимый остаток на контрольном сите продукта помола; t' – время измельчения материала от R_0 до R_k .

При $t = t'$ получаем:

$$R(t') = R_0 e^{-\left[\ln \frac{R_0}{R_k}\right] (t'/t')^m} = R_0 e^{-\ln \frac{R_0}{R_k}} = R_k. \quad (11)$$

Параметр a , входящий в уравнение кинетики (10), не подлежит определению в ходе экспериментов; его величина назначается в зависимости от целей, решаемых при расчете кривых зернового состава готового цемента для ШБМ с поперечно-продольным движением мелющих тел. Практически можно рекомендовать пределы изменения параметра a : $9,6 < a < 4,5$. Этот диапазон изменения параметра a охватывает весь спектр дисперсности производимого цемента от $S = 250$ м²/кг до $S = 500$ м²/кг с характеристическим диаметром частиц цемента в пределах соответственно от 50 до 5 мкм.

Например, если в качестве параметра использовать время t'_{10} измельчения материала до 10% остатка на контрольном сите R_{008} , то $a = 2,3$, т. е.:

$$R = R_0 e^{-2,3(t/t'_{10})^m}. \quad (12)$$

Величина параметров t'_{10} и m определяется на основе экспериментальных данных по методу наименьших квадратов путем минимизации функции:

$$\sum_{i=1}^n (R_0 e^{-2,3(t_i/t'_{10})^m} - R_i)^2. \quad (13)$$

Время измельчения материала до остатка R_t равно:

$$t_i = (\ln R_0 / R_t k^{-1})^{-m}. \quad (14)$$

Общепринято, что параметр m в уравнении кинетики (10) характеризует степень измельчаемости материала. Однако при помоле материалов, имеющих различные физико-механические характеристики в одинаковых условиях, лучшей характеристикой измельчаемости является время τ измельчения до одинакового остатка на контрольном сите.

Для подтверждения сказанного был проведен корреляционный анализ экспериментальных данных НИИцемента, которые приведены в таблице.

Из приведенных данных следует, что величины τ и t'_{10} одинакового порядка, хорошо коррелируют между собой ($t' < \tau < t'_{10}$), в то время как связь между k и m с τ отсутствует.

Измельчаемые материалы в таблице размещены таким образом, что в верхней строке помещен более трудноразмалываемый материал, чем последующие. Например, экспериментальное время τ измельчения клинкера Михайловского цементного завода до остатка $R_{008} = 10\%$ составляет 6,93 мин, а смеси клинкеров Михайловского и Ульяновского заводов в соотношении 1:3 – $\tau = 5,15$ мин.

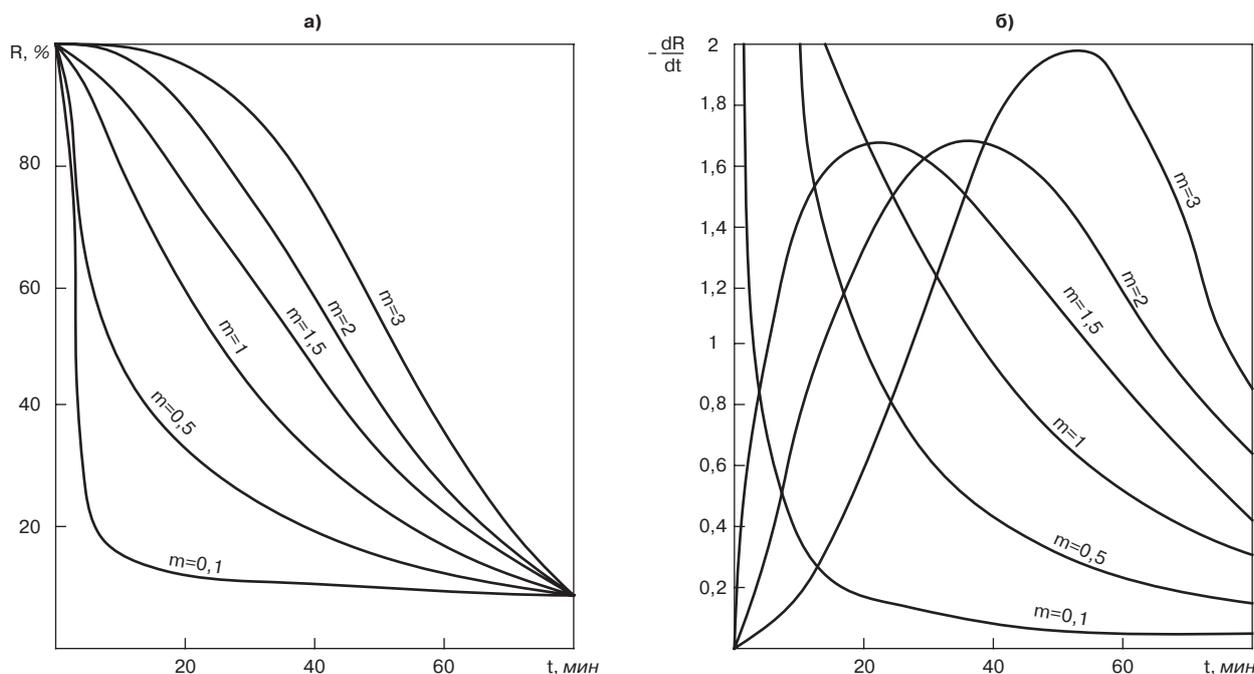


Рис. 1. Вид кривых кинетики (а) и скорости (б) измельчения при $R_0 = 100\%$, $t' = 80$ мин ($R_k = 10\%$), $0,1 < m < 3$

Расхождение между расчетным t'_{10} и экспериментальным t составляет 13,6%. Это подтверждает высокую корреляционную сходимость между параметрами τ и t'_{10} .

На рис. 1 представлены экспериментальные зависимости R , dR/dt' , полученные в лабораторной ШБМ в условиях поперечно-продольного движения мелющих тел. Параметр m задавался на основе изменения факторов φ_1 , φ_2 , α , β и рассчитывался по уравнению регрессии (5). Например, в уравнении (5) задавался параметр $m = 1,5$, факторы $(\varphi_1, \alpha, \beta) = \text{const}$, а уровни фактора φ_2 изменялись дискретно от -2 до $+2$ в коррелированной форме.

В таких условиях проводился эксперимент по получению зависимости $R = f(t)$.

Поскольку время измельчения до остатка 10% во всех случаях одинаково (80 мин), следовательно, во всех случаях измельчаемость материала одинаковая (рис. 1а). Однако анализ кривых скоростей измельчения dR/dt (рис. 1б) показывает, что при $m \leq 1$ наибольшая скорость измельчения имеет место на начальной стадии процесса, когда измельчаются крупные частицы, имеющие дефекты структуры. Скорость измельчения убывает с уменьшением размера частиц, при этом чем меньше m , тем больше разница между размалываемостью крупных и мелких частиц, тем быстрее стабилизируется скорость измельчения на уровне, близком к нулю (рис. 1).

В случае $m > 1$ у функции $dR/dt(t)$ появляется максимум. Это свидетельствует о том, что существует промежуток времени, в котором скорость убывания остатка на контрольном сите наибольшая, т. е. эффективность процесса при данных условиях максимальная. Так, например, при $m = 1,5$ максимум dR/dt наблюдается на 20-й минуте помола; при $m = 2$ – на 35-й минуте; при $m = 3$ – на 55-й минуте (рис. 1). Это подтверждает ранее сделанный вывод [1, 2] о селективности измельчения: при данных условиях измельчения наиболее эффективно измельчается только определенный класс крупности материала.

Таким образом, предложенная форма уравнения кинетики измельчения (9) позволяет при помоле различных материалов в одинаковых условиях легко оценить их размоловоспособность путем сравнения значений t'_{10} (см. таблицу); путем сравнения параметра m могут быть

установлены особенности измельчения различных материалов в одинаковых условиях, при которых $(\varphi_1, \varphi_2, \alpha, \beta) = \text{const}$; и наоборот, при измельчении одного материала в различных условиях путем сравнения рассчитанных значений t'_{10} , m можно количественно оценить влияние входных факторов φ_1 , φ_2 , α , β на эффективность измельчения.

Полученные уравнения регрессии (4), (5) позволяют количественно оценить не только каждый из факторов φ_1 , φ_2 , α , β , но и эффекты их взаимодействия на формирование величины отклика k и m по знаку и величине коэффициентов при соответствующих членах уравнения (4) и (5).

Установлено, что эффективность измельчения в ШБМ с поперечно-продольным движением мелющих тел выше, чем у обычных ШБМ. Следовательно, параметр m характеризует эффективность процесса измельчения в ШБМ с поперечно-продольным движением мелющих тел и должен быть больше, чем у обычных мельниц с поперечным движением мелющих тел при равном t и R_{008} .

Параметр β (угол наклона межкамерной перегородки) характеризует интенсивность поперечно-продольного движения мелющих тел, изменяется от 45° до 90° . При $\beta = 45^\circ$ интенсивность поперечно-продольного движения и эффективность процесса измельчения максимальны, а при $\beta = 90^\circ$ продольное движение мелющих тел отсутствует, и эффективность процесса измельчения минимальна – это обычная ШБМ.

Таким образом, при увеличении β (уравнение (5)) m убывает, т. е. эффективность процесса измельчения снижается и при $\beta \rightarrow \max m \rightarrow \min$. Следовательно, уравнение (5) полностью отражает кинетику процесса измельчения в ШБМ с поперечно-продольным движением мелющих тел и дает основание сделать вывод, что предложенная форма уравнения кинетики (9) позволяет с достаточной для практического применения точностью рассчитывать параметры измельчения для ШБМ с внутренним рециклом и поперечно-продольным движением мелющих тел.

Кроме самих факторов φ_1 , φ_2 , α , β на формирование величины параметров m и R уравнения кинетики измельчения также оказывает эффект их взаимодействия.

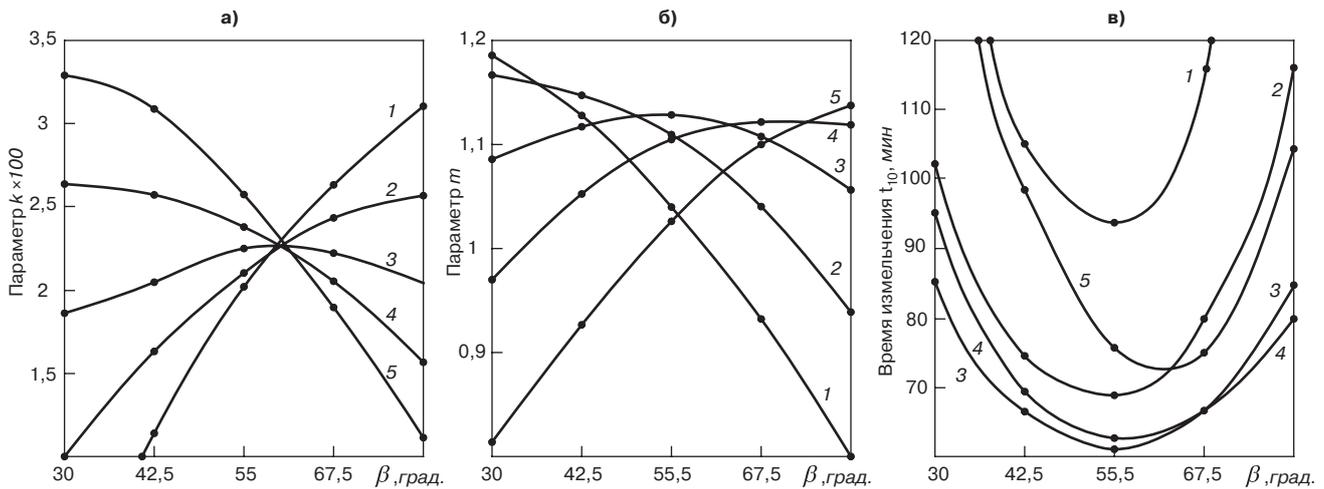


Рис. 2. Влияние парных эффектов $\beta\varphi_1$ на параметры k , m , t'_{10} уравнения кинетики: $\alpha=0,75$; $\varphi_2=0,14$; 1 – $\varphi_1=0,18$; 2 – $\varphi_1=0,23$; 3 – $\varphi_1=0,28$; 4 – $\varphi_1=0,33$; 5 – $\varphi_1=0,38$

Поэтому представляет большой интерес изучение влияния именно этих эффектов взаимодействия.

На рис. 2 приведены графические результаты экспериментальных исследований зависимости $[k, m, t'_{10}]$ от (β, φ_1) при $\alpha = 50^\circ$; $\varphi_2 = 0,14$.

В связи с тем, что зависимость $t'_{10}(\beta)$ при различных φ_1 носит экстремальный характер (рис. 2в), каждому оптимальному значению β , при котором $t'_{10} \rightarrow \min$, соответствует определенная масса загрузки.

Например, при $\varphi_1 = 0,18$ минимальное время измельчения клинкера до $R_{008} = 10\%$ достигается при $\beta = 53^\circ$; при $\varphi_1 = 0,23$ – при $\beta = 61^\circ$; при $\varphi_1 = 0,33$ – $\beta = 54^\circ$.

Каждому сочетанию φ_1 и β соответствует своя продолжительность измельчения материала t'_{10} (рис. 2в). Минимальное t'_{10} соответствует $\beta = 55^\circ$, $\varphi_1 = 0,28$. С изменением сочетаний φ_1 и β минимум функции $t'_{10}(\beta)$ изменяется и по ординате и по абсциссе (рис. 2в). Это объясняется особенностями процесса измельчения в мельницах с поперечно-продольным движением загрузки и рециклом измельчаемого материала.

Функция $m(\beta)$ при $0,33 < \varphi_1 < 0,38$ с увеличением β монотонно возрастает; при $\varphi_1 = 0,28$ $m(\beta)$ имеет экстремальный характер с точкой максимума, соответствующей $\beta = 55^\circ$; при $0,18 < \varphi_1 < 0,28$ функция $m(\beta)$ монотонно убывает (рис. 2б).

Параметр m в уравнении кинетики определяет не скорость измельчения, а характер изменения этой скорости. Очевидно, что при $m \leq 1$ dR/dt монотонно убывает. Причем чем меньше m , тем быстрее скорость измельчения приближается к значениям, близким к нулю, т. е. режим движения мелющих тел становится как у обычных мельниц. При $m > 1$ dR/dt обращается в функцию, имеющую один максимум, и чем больше m , тем больше максимальное значение и тем дальше по времени от начала измельчения этот максимум расположен.

Этот вывод позволяет выбирать наиболее рациональные условия измельчения. Если при двух конкретных наборах входных факторов φ_1 и β , φ'_1 и β' время измельчения до $R_{008} = 10\%$ примерно одинаково, то следует отдавать предпочтения таким сочетаниям φ_1 и β , при которых параметр m имеет большее значение, так как в этом случае в течение большего промежутка времени скорость измельчения поддерживается на более высоком уровне.

Таким образом, предложенная форма уравнения кинетики измельчения (9) для ШБМ с поперечно-продольным движением мелющих тел учитывает конструктивно-технологические параметры работы

мельницы: массу мелющих тел (φ_1), массу измельчаемого материала (φ_2), интенсивность рецикла (α) – возврата на доизмельчение материала и интенсивность поперечно-продольного движения мелющих тел; уравнение кинетики позволяет рассчитать качество готового продукта путем определения размера его частиц (R_{008}) с учетом режима измельчения ($\varphi_1, \varphi_2, \alpha, \beta$) – это главные факторы, которые характеризуют качество готового продукта и конструктивно-технологические показатели работы ШБМ. Подобное уравнение синтезировано впервые.

Список литературы

1. Богданов В.С. Шаровые барабанные мельницы. Белгород: БелГТАСМ, 2002. 258 с.
2. Богданов В.С. Процессы помола и классификации в производстве цемента. М.: АСВ, 2004. 199 с.
3. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов П.А. Закономерности измельчения и исчисления характеристик гранулометрического состава. М.: Металлургиздат, 1959. 427 с.
4. Богданов В.С., Фадин Ю.М., Латышев С.С. Повышение эффективности работы шаровых барабанных мельниц // Строительные и дорожные машины. 2006. № 11. С. 20–22.
5. А.с. 733727 СССР, МКИ В 02 С 17/18. Шаровая мельница / В.С. Богданов, Б.Д. Тиховидов, Н.С. Богданов, А.Д. Туманов. 2549471/29-33. // Заявлено 02.12.1977. Опубл. 15.05.1980. Бюл. № 18.
6. Пат. 2246355 РФ, МКИ В 02 С 17/06. Трубная мельница с внутримельничным классифицирующим устройством / В.С. Богданов, Ю.М. Фадин, С.С. Латышев и др. № 2003132214/03. // Заявлено 03.11.2003. Опубл. 20.02.2005. Бюл. № 5.
7. Богданов В.С., Фадин Ю.М., Латышев С.С., Богданов Д.В. Повышение эффективности работы трубных шаровых мельниц открытого цикла измельчения // Цемент и его применение. 2005. № 1. С. 49–53.
8. Богданов В.С., Фадин Ю.М., Воронов В.П. и др. Движение тела в загрузочном лифтере // Строительные и дорожные машины. 2006. № 7. С. 33–37.
9. Богданов В.С., Платонов В.С., Богданов Н.С. Снижение энергоемкости процесса измельчения // Цемент. 1984. № 12. С. 7–9.
10. Богданов В.С. Оптимизация конструкции шаровых мельниц // Огнеупоры. 1985. № 6. С. 44–47.
11. Богданов В.С., Воробьев Н.Д. Кинематика шаровой загрузки в барабанной мельнице с наклонными перегородками // Цемент. 1985. № 12. С. 17–19.

КОЛЛЕГИ



К 70-летию Е.В. Филиппова

Редакция и редакционный совет сердечно поздравляют с 70-летием **Евгения Васильевича Филиппова** — президента ЗАО «Корпорация стройматериалов», Заслуженного инженера России, члена редакционного совета журнала «Строительные материалы»®, надежного соратника и верного друга.

Е.В. Филиппов родился 7 ноября 1937 г. в Москве. После окончания политехнического техникума, а затем МИСИ им. В.В. Куйбышева в 1959 г. он начал трудовую деятельность на строительных объектах Минсредмаша СССР, с тех пор его жизнь неразрывно связана со строительным комплексом нашей страны.

С 1965 г. Евгений Васильевич работал в системе Главмоспромстройматериалов, где за 16 лет прошел путь от мастера завода ЖБИ-16 до генерального директора производственного объединения «Мосасботермостекло».

Грамотный специалист и талантливый организатор, в 1981 г. он был призван на партийную работу. Многие руководители предприятий и организаций строительного комплекса, в том числе отраслевых СМИ, с благодарностью вспоминают мудрые советы и поддержку, которую они получали от инструктора Отдела строительства ЦК КПСС Е.В. Филиппова.

В 1988 г. Е.В. Филиппова назначают заместителем Министра промышленности строительных материалов СССР, в период реорганизации органов исполнительной власти он занимал должность первого заместителя руководителя Госассоциации «Союзстройматериалы», а с 1996 г. возглавляет «Корпорацию стройматериалов».

При непосредственном организационном и творческом участии Евгения Васильевича освоено и налажено серийное производство ряда новых строительных материалов и изделий для строительства объектов Олимпиады-80 в Москве; разработаны и внедрены новые технологические процессы и оборудование по световодной технике и спецстеклу, электронно-химической технологии производства отделочных плитных и рулонных материалов, технологии и оборудования для производства особо легкого керамзита, пористых заполнителей с использованием зол ТЭЦ.

Более 25 лет Е.В. Филиппов целенаправленно работает над проблемой развития производства ячеистых бетонов. За эти годы разработаны и внедрены в эксплуатацию технологические линии нового поколения по виброрезательной конвейерной и агрегатно-поточной схемам.

Е.В. Филиппов активно участвовал в подготовке материалов и разработке программ Госстроя СССР и Госстроя России «Жилище», «Свой дом» и др. Он является автором более 20 действующих патентов.

За вклад в развитие промышленности строительных материалов Е.В. Филиппов награжден рядом правительственных наград — орденами «Знак почета», «Дружбы народов», медалью «За доблестный труд» и др. Он является лауреатом Премии Правительства России, Заслуженным инженером России, Почетным строителем России, действительным членом МАИЭС.

Многие годы Евгений Васильевич активно работает в редакционном совете журнала «Строительные материалы»®. Благодаря его рекомендациям и авторитету на страницах журнала появилось много аналитических, проблемных, полемических статей, которые вызвали живой отклик читателей. Авторские статьи Евгения Васильевича отличает высокий профессионализм и глубокое знание предмета.

Редакция, редакционный совет, коллеги искренне желают Евгению Васильевичу Филиппову долгих лет активной творческой жизни, реализации планов, крепкого здоровья и большого счастья.

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

ОАО «Балцем» ввело в эксплуатацию самую большую в Европе печь обжига

На заводе «Балцем» (Балаклеяский район Харьковской обл.), входящем в холдинг «Евроцемент груп—Украина», введена в эксплуатацию пятая печь обжига цементного клинкера, которая была законсервирована последние 15 лет. Пуск пятой печи на заводе «Балцем» позволит обеспечить нарастающие потребности строительного комплекса Украины в стройматериалах, увеличить число рабочих мест. В кратчайшие сроки восстановлена и модернизирована печь длиной 230 м и диаметром 7 м. На ее восстановление направлено более 30 млн USD. Пуск линии увеличит объем производимого предприятием цемента на 1 млн т в год. Общие производственные мощности завода составят 4,2 млн т. Ввод печи в эксплуатацию выводит завод на первое место в Европе по мощности. Ежегодно с момента вхождения заводов ОАО «Балцем» и ОАО «Краматорский цементный завод — Пушка» (Донецкая обл.) в хол-

динг «Евроцемент груп—Украина» производственные мощности предприятий увеличиваются. В 2006 г. заводы холдинга значительно увеличили объем выпускаемого цемента и произвели 3,2 млн т, что на 15% больше, чем в 2005 г. В 2007 г. этот показатель возрастет на 22% до уровня 3,6 млн т. Планируемый объем производства в 2008 г. — 4,8 млн т цемента, что превысит показатели нынешнего года еще на 33%. В 2006 г. утверждена долгосрочная инвестиционная программа по развитию предприятий «Евроцемент груп—Украина». В рамках реализации этой программы на техническое перевооружение, экологические программы, мероприятия по энергосбережению, развитию карьеров, инфраструктуры, автоматизации производства украинским предприятиям в прошлом году было направлено 10 млн USD; в 2007 г. объем инвестиций по этой программе составит 40 млн USD.

По материалам пресс-службы
ОАО «ЕВРОЦЕМЕНТ груп»

КОЛЛЕГИ



К 50-летию Б.К. Кара-сала

*Редакция и редакционный совет поздравляют с 50-летним юбилеем проректора по экономике и инновационной политике Тувинского государственного университета, заведующего кафедрой «Промышленное и гражданское строительство» кандидата технических наук **Бориса Комбуйооловича Кара-сала**.*

Б.К. Кара-сал родился 11 ноября 1957 г. в селе Саглы Овюрского района Республики Тува. В 1980 г. окончил Красноярский политехнический институт. После окончания аспирантуры Ленинградского инженерно-строительного института с 1985 г. работал в Кызылском филиале Красноярского государственного технического университета, где прошел путь от ассистента до декана. С 1996 г. Борис Комбуйоолович работает в Тувинском государственном университете.

Основным направлением научной деятельности Б.К. Кара-сала является исследование минерального и техногенного сырья для производства строительных материалов и разработка эффективных технологий производства керамических изделий. На этом поприще Борис Комбуйоолович добился успеха. Он награжден почетной грамотой Министерства образования Российской Федерации, ему присвоено звание Заслуженного работника образования Республики Тува. Б.К. Кара-сал – автор трех изобретений, более 50 научных публикаций. В своей научной деятельности Борис Комбуйоолович тесно сотрудничает с Санкт-Петербургским государственным архитектурно-строительным университетом и Новосибирским государственным архитектурно-строительным университетом.

Редакция и редакционный совет журнала, коллеги желают Борису Комбуйооловичу Кара-салу крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и дальнейших творческих успехов.

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Количество мини-заводов для производства бетона стремительно растет

В последние несколько лет наблюдается стремительный рост на рынке мини-заводов для производства бетона (бетоносмесительных установок). По прогнозам объем рынка в 2007 г. превысит показатели прошлого года на 176%. Несмотря на отмеченный подъем отечественного производства в этом сегменте, такие темпы роста будут достигнуты в основном за счет роста импорта. В I квартале 2007 г. в страну было импортировано в 2,5 раза больше готовых линий мини-заводов по производству бетона, чем за весь 2006 г. Исследование показало, что рынок отличается превышением спроса над предложением.

Темп роста рынка кровельных материалов

Ежегодный темп роста рынка кровельных материалов в целом составляет около 10–0%. Годовой прирост в сегменте рулонных битуминозных кровельных материалов составил 9%, а в сегменте гибкой (битумной) черепицы – 30%. Рост спроса на «еврошифер» колеблется в зависимости от региона. В целом по России он составил 11% в 2006 г., а на московском кровельном рынке составлял 25–30%. Ежегодный прирост рынка полимерных мембран в последние четыре года составляет не менее 100%.

Средние темпы роста характерны для сегментов металлочерепицы, керамической черепицы – около 10%.

По словам респондентов – руководителей отечественных производств и представительств зарубежных концернов, продукция их заводов уже расписана между заказчиками на месяцы вперед. На российском рынке заводов по производству бетона производителей полного цикла очень мало. Большая часть производителей бетоносмесительных установок занимается сборкой бетонных заводов из оборудования, закупаемого за границей либо у отечественных производителей. Основными поставщиками мини-заводов по производству бетона на российский рынок являются производители из Турции, Германии и Италии. Сейчас активно наращивает свое присутствие, особенно в Дальневосточном регионе, Китай.

В 2006 г. на 15% выросли продажи металлических кровельных материалов. Наиболее низкие темпы роста характерны для сегмента асбестоцементного шифера – 3,7%, что не является свидетельством падения спроса на этот материал, а объясняется большим объемом экспортных поставок, во много раз превосходящих импорт.

Объем импорта керамической черепицы в 2006 г. был равен 4066,967 тыс. шт. (3,065 млн р.). Цементно-песчаной черепицы в Россию было ввезено 1649,223 т на сумму 853,761 тыс. р. По состоянию на 2005 г. большую часть произведенных в России материалов для скатных крыш (75–80%) составляет шифер.

По материалам агентства «РосБизнесКонсалтинг»

Segezha Packaging построит в Саранске завод

В ноябре 2007 г. компания Segezha Packaging (Нидерланды), входящая в холдинг «Инвестлеспром», объявила о начале строительства в Саранске завода по производству бумажной тары для строительных материалов. Первый этап предполагает ввод в эксплуатацию в мае 2008 г. производственных мощностей, рассчитанных на выпуск 100 млн мешков для тарирования цемента и других строительных материалов. На этом этапе завод оснащается тремя производственными линиями последнего поколения

фирмы «Windmoller&Holsher» (Германия) и полиграфической машиной. Общий объем инвестиций в проект составит 750 млн р. Проектная мощность завода 400 млн мешков в год, оборот – до 3,2 млрд. Проект создаст дополнительно 300 рабочих мест.

Новое производство будет находиться в самом сердце «цементного пояса» России и СНГ. Инвестиционный проект осуществляется при поддержке Правительства Республики Мордовия.

По материалам компании ЗАО «Инвестлеспром»

В.А. ОГУРЦОВ, канд. техн. наук,
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

Стохастическая модель распределения проходových частиц в слое сыпучего материала при виброгрохочении

Однородность фракционного состава сыпучих материалов, используемых в качестве сырья в крупнотоннажных производствах стройиндустрии, оказывает огромное влияние на конечный результат технологического процесса. Одним из наиболее простых и известных с древних времен способов является классификация сыпучих материалов на виброгрохотах.

Виброгрохочение можно условно разделить на три части: первая — движение мелких частиц по высоте слоя, подверженного вибровоздействию, к поверхности сита; вторая — проникновение мелких частиц через отверстия сита; третья — движение сыпучего материала по просеивающей поверхности. Наименее изученной является первая часть процесса, однако именно она оказывает сильное влияние на его эффективность и производительность [1]. При исследовании закономерностей движения частиц в слое сыпучего материала под действием вибрации рассматриваются лишь идеализированные ситуации. Часто при виброгрохочении смеси крупных и мелких частиц одной плотности процесс сегрегации не учитывается [2]. Однако, как показали результаты экспериментальных исследований, такое допущение существенно искажает физическую картину процесса.

Полученное в [2] распределение нормированной плотности вероятности положения частицы:

$$\bar{\rho}(\bar{x}, \bar{\tau}) = \frac{\rho(x, t)}{\rho(x, 0)} = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin(\psi_k \bar{x}) \exp \left[-\left(\psi_k^2 + \frac{S^2}{4} \right) \bar{\tau} - \frac{S}{2} \bar{x} \right], \quad (1)$$

где $\bar{x} = x/h$ — безразмерная координата; $\bar{\tau} = Dt/h^2$ — безразмерная координата времени (аналог критерию Фурье); D — коэффициент макродиффузии; $S = Ch/D$ — безразмерный диффузионный критерий Пекле; ψ_k — собственные числа трансцендентного уравнения $\text{tg} \psi_k = 2\psi_k/S$; b_k — совокупность безразмерных коэффициентов, определяемых выражением:

$$b_k = \frac{4 \sin^2 \psi_k [1 - 2 \cos \psi_k \exp(-\psi_k \text{ctg} \psi_k)]}{2\psi_k - \sin(2\psi_k)},$$

позволяет найти уравнение кинетики грохочения.

Уравнение кинетики грохочения, т. е. зависимость степени извлечения ε мелких частиц в подрешетный продукт от времени грохочения, рассчитывается по выражению:

$$\varepsilon = 1 - \int_0^1 \bar{\rho}(\bar{x}, t) d\bar{x} = 1 - \sum_{k=1}^{\infty} b_k \frac{\sin^2 \psi_k}{\psi_k} \exp \left[-\left(\psi_k^2 + \frac{S^2}{4} \right) \bar{\tau} \right]. \quad (2)$$

Доказательство адекватности предлагаемой модели изучаемому процессу основано на сопоставлении рас-

четных кривых и опытных данных распределения относительной концентрации проходových частиц по высоте сыпучего слоя для различных моментов времени. Для этого была создана экспериментальная установка, позволяющая реализовать плоский вариант расчетной схемы виброклассификации. Плоский экран из прозрачных пластин, внутри которого помещали бинарную смесь шайб одинаковой плотности размером 4 и 11 мм, свободно перемещающихся между пластинами, находился над ситом с размером ячеек 10 мм. Вибрирование осуществлялось на вибростенде ВЭДС-100. Разборный экран создавал возможность реализовать любое начальное распределение проходových частиц в слое, в том числе и равномерное. Сыпучий слой разбивался на четыре области, расположенные одна над другой. Фотосъемка процесса виброклассификации позволяла определить число мелких частиц, прошедших через отверстия сита, а также отношение количества мелких (проходových) частиц в каждой области в данный момент времени к их количеству в начальный момент времени.

При одинаковых параметрах вибровоздействия сита на сыпучий слой (амплитуда колебаний составляла 5 мм, частота 12 Гц, высота слоя 40 мм) проводилась серия опытов по классификации бинарной смеси частиц. На рис. 1 показаны усредненные опытные данные и расчетные кривые кинетики классификации, которые получены следующим образом. Была проведена идентификация расчетной и опытной кинетики классификации, которая позволяла определить стохастические коэффициенты ($D = 0,595 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, $C = 0,882 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$), которые использовали для расчета кривой, учитывающей диффузионный и сегрегационный процессы.

При $C = 0$ определяли коэффициент макродиффузии ($D = 2,632 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$) для расчета кривой, учитывающей только диффузионный процесс. Из рис. 1 видно, что расхождение между расчетными кривыми и опытными дан-

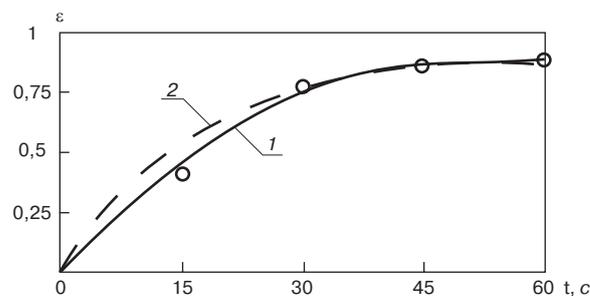


Рис. 1. Кинетика процесса виброгрохочения: 0 — опытные данные; — — — расчетная кривая 1, учитывающая диффузионный и сегрегационный процессы; - - - - - расчетная кривая 2, учитывающая диффузионный процесс

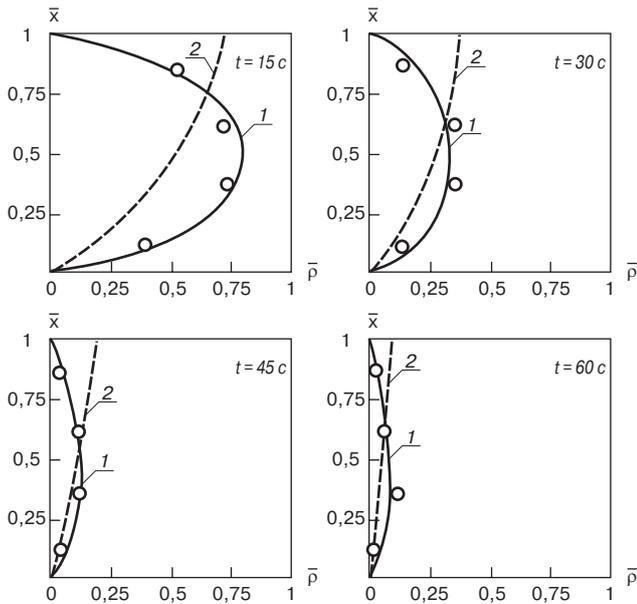


Рис. 2. Распределение проходовых частиц по высоте грохотимого слоя в различные моменты времени: — опытные данные; — расчетные кривые 1, учитывающие диффузионный и сегрегационный процессы; — расчетные кривые 2, учитывающие диффузионный процесс

ными не очень велико, хотя заметно при $t < 30$ с. Однако при сравнении опытных данных и расчетных кривых распределения относительной концентрации проходовых частиц по высоте грохотимого слоя в различные моменты времени наблюдается совершенно иная картина (рис. 2). Для построения расчетных кривых использовали те же

стохастические коэффициенты, что и для построения кривых кинетики классификации. Как видно из рис. 2, кривая 1, учитывающая диффузионный и сегрегационный процессы, более точно отражает истинную картину распределения мелких частиц по высоте слоя, чем кривая 2, учитывающая лишь диффузионный процесс.

Следует отметить, что результаты экспериментов, полученные на данной установке, носят иллюстративный характер и не могут рекомендоваться для расчетов промышленных грохотов. Однако простота и наглядность эксперимента, а также допущения, упростившие математическую модель, но не противоречащие цели настоящей статьи, позволили доказать адекватность предлагаемой модели изучаемому процессу не по интегральным характеристикам (кинетика классификации), а по локальным параметрам (распределение проходовых частиц по высоте слоя). Это позволило положить предлагаемую модель в основу более адекватного метода расчета процесса грохочения, чем базирующаяся только на диффузионном представлении. Этот метод учитывает диффузионный и сегрегационный механизмы движения частиц каждой фракции проходового продукта по высоте слоя, условия проникновения частиц различной крупности через отверстия сита, меняющуюся высоту грохотимого слоя.

Список литературы

1. Блехман И.И. Что может вибрация? О «вибрационной механике» и вибрационной технике. М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 208 с.
2. Непомнящий Е.А. Кинетика некоторых процессов переработки дисперсных материалов // Теоретические основы химической технологии. 1973. Т. 7. № 5. С. 754–763.

Российские промышленные эллиптические шаровые мельницы "Активатор" интенсивного помола.

	Activator-C100	Activator-C500	Activator-C1000	Activator-C5000
произв-сть	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
тонина помола	1-3 мкм	4-7 мкм	20-50 мкм	50-70 мкм
потребляемая мощность	5,5 кВт/ч	11 кВт/ч	22 кВт/ч	55 кВт/ч
габариты, мм	1020×570×1230	1122×750×1500	1710×925×1815	2850×1700×2950
вес, кг	170	650	1300	5100

смешение компонентов пенобетона

подготовка шихты для керамической плитки

помол пигментов

получение сухих смесей

активация цемента

• Все мельницы проходят испытания на Вашем материале, а дисперсный состав помолотых порошков тестируется в лаборатории.

Мельницы "Активатор" производятся только по оригинальным чертежам разработчика и защищены Патентами РФ №18501, №33037 на полезные модели. Патентообладатель: ЗАО "Активатор".

www.activator.ru >>

Новосибирск, Софийская, 18, оф. 107
630056, Новосибирск, 56, а/я 141
Факс: 8 (383) 345-15-30 (доп. 210)
Тел: 8 913 942 94 81
e-mail: eugene@activator.ru

Определение энергозатрат на домол цемента в дисмембраторе

Энергоемкость является одним из показателей экономической целесообразности производства того или иного материала. Применительно к процессам помола и механической активации цементов энергоемкость характеризуется удельными энергозатратами на получение конечного продукта.

Совершенствованию цементов при домоле посвящено множество исследований, в результате которых предложены различные конструкции измельчителей, однако выявить их эффективность довольно сложно: большинство исследователей акцентируют внимание на результате обработки — изменении полезных свойств материала (увеличении реакционной способности, повышении тонкости помола и т. п.), не рассматривая энергозатрат для достижения этого результата. Таким образом, можно получить материал с уникальными свойствами, производство которого экономически нецелесообразно. Поэтому выявление зависимостей, количественно связывающих удельные энергозатраты на обработку материала с получаемым при этом технологическим эффектом, весьма актуально.

При тонком и сверхтонком помоле одним из основных показателей качества получаемого материала является его удельная поверхность. В промышленности строительных материалов наиболее простое и быстрое ее определение осуществляется прибором ПСХ-8А (Россия), в конструкции которого использовано уравнение Козени—Кармана для воздухопроницаемости и пористости частиц уплотненного слоя дисперсного материала. Определения дисперсности обрабатываемого цемента, анализируемые в представленной работе, выполнены на этом приборе.

Для получения зависимости, связывающей изменение удельной поверхности обрабатываемого цемента и конструктивных характеристик и параметров работы установок — активаторов дезинтеграторного типа, были проведены следующие исследования.

Активацию исходного цемента ПЦ400 проводили его однократным пропуском через пятирядный дисмембратор при различных частотах вращения ротора. Линейная скорость последнего ряда пальцев ротора менялась от 7,5 до 50 м/с. В результате обработки цемента его удельная поверхность возросла от 2500 до 4900 см²/г.

На основании полученных данных была построена зависимость прироста удельной поверхности цемента от удельных энергозатрат на его измельчение, которая затем была обработана методом регрессии с последующей сплайновой аппроксимацией и интерполяцией полученных результатов [1–3]. Задачей регрессии в данном случае явилось получение параметров определяемой функции такими, чтобы «облако» исходных точек приближалось с наименьшей квадратичной погрешностью.

В итоге была получена эмпирическая зависимость для нахождения образующейся при обработке в дисмембраторе удельной поверхности материала S , см²/г, от удельных затрат на его обработку q , кВт·ч/т

$$S = a + bq + cq^2, \quad (1)$$

где a , b и c — коэффициенты, определяющиеся конструктивными параметрами измельчителя-активатора.

Данная формула хорошо согласуется с теоретическим положением, что при измельчении сухим способом в традиционных помольных системах увеличение удельной поверхности цемента свыше 3000 см²/г сопровождается ростом удельных энергозатрат, пропорциональных получаемой поверхности в степени 1,5–2 [4].

Анализируя формулу (1), можно предположить, что ближе всего параметру a соответствует начальная поверхность цемента до активации S_0 , см²/г.

Для нескольких установок с экспериментально определенными значениями удельных энергозатрат на обработку цемента и измеренной удельной поверхностью цементов после их домолы был сделан расчет по (1). Определено, что наиболее точно численным значениям коэффициентов b и c соответствуют величины линейной скорости вращающегося ротора U , м/с, и количество ступеней измельчения установки дезинтеграторного типа соответственно i . Под степенью измельчения i в данном случае подразумевается число ударных столкновений частиц материала с измельчающими элементами (пальцами) дисмембратора.

Наибольшая сходимость экспериментальных значений с результатами расчета достигается при подстановке в зависимость (1) значения коэффициента $c = i - 1$. Это объясняется тем, что доля участия первого ряда ударных элементов непосредственно в процессе разрушения материала не превышает 7–10% [5]. Она в основном сводится к равномерному распределению материала и разгону частиц до скоростей, достаточных для ударного измельчения.

В итоге была получена следующая зависимость для определения прироста удельной поверхности цемента при его активации в дисмембраторе:

$$S = S_0 + U \cdot q + (i - 1) \cdot q^2. \quad (2)$$

Результаты расчетов пятиступенчатого дисмембратора представлены на рис. 1.

Как видно из графика, наибольшая сходимость расчетных значений с опытными данными наблюдается при домоле исходного цемента до удельной поверхности в 3000 см²/г. Расхождение расчетных значений с экспериментальными при этом не превышает 5%, удельные энергозатраты составляют около 6 кВт·ч/т. При домоле цемента до 4000 см²/г энергозатраты составляют порядка

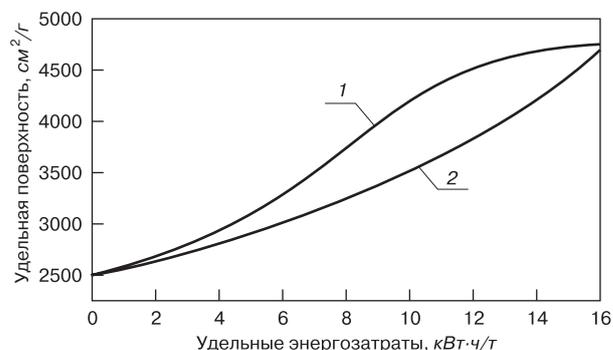


Рис. 1. Зависимость прироста удельной поверхности цемента от энергозатрат: 1 — расчетная зависимость; 2 — экспериментальные данные

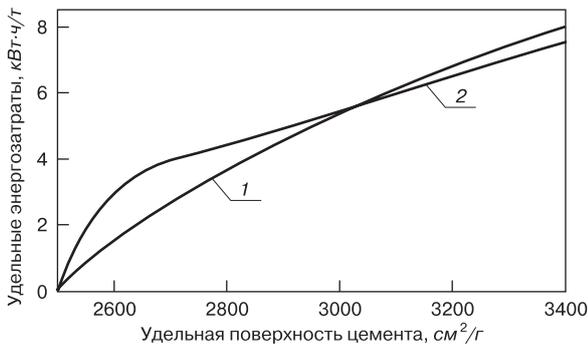


Рис. 2. Зависимость удельных энергозатрат от прироста удельной поверхности цемента: 1 – расчетная зависимость, 2 – экспериментальные данные

9–10 кВт·ч/т при погрешности расчета в 25–30%. При получении высокодисперсных цемента с удельной поверхностью около 5000 см²/г энергозатраты составляют 16–17 кВт·ч/т при погрешности расчета около 5–7%.

Для определения удельных энергозатрат q , кВт·ч/т, полученная зависимость (2) легко может быть преобразована и записана в виде:

$$q = \frac{\sqrt{U^2 - 4(i-1)\Delta S} - U}{2(i-1)}, \quad (3)$$

где ΔS – необходимый прирост удельной поверхности, см²/г.

Для проверки адекватности зависимости (3) был выполнен расчет опытно-промышленного семирядного дисмембратора с фрезерованным ротором диаметром 300 мм, частотой вращения 4000 мин⁻¹ и установленной мощностью привода 3 кВт. При исследовании параметров его работы измеряли производительность, мощность, потребляемую приводом, удельную поверхность и средний раз-

мер частиц цемента до и после домола. По полученным расчетным и экспериментальным данным были построены зависимости удельных энергозатрат от прироста удельной поверхности цемента, представленные на рис. 2.

Как видно из графика, зависимость (3) обеспечивает достаточно хорошую сходимость экспериментальных и расчетных данных (погрешность расчета в среднем составляет 10–15%), что является вполне приемлемым для промышленных расчетов результатом.

Полученные эмпирические зависимости позволяют с вполне удовлетворительной точностью оценить удельные энергозатраты на получение тонкодисперсных цемента и их механоактивацию в установках дезинтеграторного типа либо прогнозировать получаемую дисперсность цемента при их домоле в измельчителях-активаторах с известными конструкционными характеристиками.

Список литературы

1. Богородский А.В. Разработка конструкций и методов расчета интенсивных измельчителей дезинтеграторного типа. Иваново: Химия, 1982. 90 с.
2. Поринев С.В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием пакета MathCAD. М.: Новая планета, 2002. 252 с.
3. Заварыкин В.М., Житомирский В.Г., Лапчик М.П. Численные методы. М.: Просвещение, 1990. 240 с.
4. Мурог В.Ю., Вайтехович П.Е. Влияние домола цемента на прочность бетонных изделий // Строит. материалы. 2004. № 6. С. 36–38.
5. Мурог В.Ю., Гарабажу А.А. Определение критической скорости разрушения частиц материала в мельницах ударного действия // Новые технологии в химической промышленности: Материалы докладов Международной научно-технической конференции. Мн.: БГТУ, 2002. Ч. 1. С. 249–251.



14-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИКИ "МЕРА"

WWW.MERAEXPO.RU

**ПРИГЛАШАЕМ
ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ!**

**ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ**

- НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ
- ПРОМЫШЛЕННАЯ ДИАГНОСТИКА
- АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

15-17 апреля 2008 года
Москва, ЦВК "Экспоцентр"

В 2008 году выставка "МЕРА" пройдет одновременно с выставкой "Трубопроводный транспорт" и ее экспозиция будет отражать интересы и особенности обеспечения этого промышленного комплекса современной измерительной техникой и автоматикой.



ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

WWW.EXPOPIPELINE.RU



Организаторы:



При поддержке:



При содействии:



Тел.: (495) 105 65 61/62;
факс: (495) 248 07 34;
e-mail: mera@merexpo.ru

Л.А. УРХАНОВА, канд. техн. наук, А.Э. СОДНОМОВ, инженер,
Восточно-Сибирский государственный технологический университет
(г. Улан-Удэ, Республика Бурятия)

Регулирование физико-механических свойств композиционных материалов механохимической активацией вяжущих

Совершенствование производства строительных материалов может быть обеспечено только опережающим развитием научных исследований, базирующихся на достижениях современной химии, физики, механики. Так, для формирования заданной структуры, регулирования основных и повышения эксплуатационных свойств композиционных строительных материалов на основе различных вяжущих веществ перспективно использование механохимической активации (МХА).

Модифицирование бесклнкерных композиций интенсивными физико-химическими воздействиями в аппаратах различной энергонапряженности определяет первоначальное состояние твердеющей системы, изменяет параметры структуры твердой фазы, пространственные условия образования новой фазы при измельчении, реакционную способность вяжущих веществ, их дисперсность, морфологию, способность к синтезу многочисленных и прочных контактов в единице объема.

В исследованиях [1–3] осуществляли МХА бесклнкерных композиционных вяжущих: известково-кремнеземистых (ИКВ), композиционных алюмосиликатных (КАСВ) с использованием природного и техногенного сырья Забайкалья, в том числе некондиционного.

Для активации и модифицирования материалов и вяжущих композиций (ВК) использовали шаровую и планетарную мельницы, стержневой виброистиратель, дезинтегратор. Механические воздействия на измельчаемый материал в исследуемых мельницах различны: удар и давление в шаровой мельнице, удар и трение в планетарной мельнице и на стержневом виброистирателе, ударно-отражательное воздействие в дезинтеграторе.

При увеличении интенсивности механического воздействия значения микронапряжений в поверхностных слоях превосходят соответствующие значения в объеме. Поверхность дисперсных материалов характеризуется повышенным энергетическим потенциалом за счет наличия на ней активных адсорбционных центров. Повышение удельной электропроводности и снижение рН измельченных силикатных и алюмосиликатных компонентов свидетельствуют об увеличении их реакционной способности, ускорении химических реакций с катионами и ускоренном структурообразовании.

Термодинамический расчет вероятности протекания твердофазных реакций по знаку и величине изобарно-изотермического потенциала при измельчении известково-кремнеземистых вяжущих показал, что термодинамически более вероятно образование алюминатов состава $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, а также тройного соединения – геленита $\text{Ca}_2\text{Al}[(\text{Al},\text{Si})_2\text{O}_7]$, т. е. фаз с отрицательными значениями изобарно-изотермического потенциала. Однако следует учитывать, что термодинамический расчет подтверждает лишь термодинамическую вероятность образования соединений, но не учитывает кинетических особенностей протекания реакций.

Исследование трилометрическим способом кинетики связывания оксида кальция известными оксидами алюминия и кремния алюмосиликатных материалов при механохимической обработке в мельницах различной энергонапряженности, а также реализация комплекса физико-химических методов исследований, включающего РФА, ДТА, электронно-микроскопический анализ, показала, что ВК претерпевают при МХА фазовые изменения, выражающиеся в образовании безводных силикатов и алюмосиликатов кальция. Состав образующихся соединений, скорость реакции и степень ее завершенности зависят от соотношения реагирующих компонентов, их природы и дисперсности, вида примесей и т. д. Возникновение новых фаз типа моно- и ортосиликатов кальция, моноалюмината кальция, смешанных фаз типа геленит происходит в незначительном объеме и с малой степенью кристалличности. Так, по данным РФА, у ВК, измельченных до дисперсности $450\text{--}500 \text{ м}^2/\text{кг}$, при $d/n = 2,72$; $3,82 \text{ \AA}$ наблюдается пик, относимый к моносиликату кальция. Уменьшение интенсивности пиков CaO ($d/n = 1,68$; $2,77$; $4,93 \text{ \AA}$) свидетельствует об увеличении степени его связывания в безводные силикаты и алюмосиликаты кальция.

Результаты РФА подтверждаются данными электронно-микроскопического анализа исходной извести, перлита, исходного и измельченного известково-перлитового вяжущего (рис. 1). В непогашенных зернах исходной извести содержатся доломит, кальцит, оксид магния, моноалюминат кальция $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, монтичеллит $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ (рис. 1 а). В исходном перлите со-

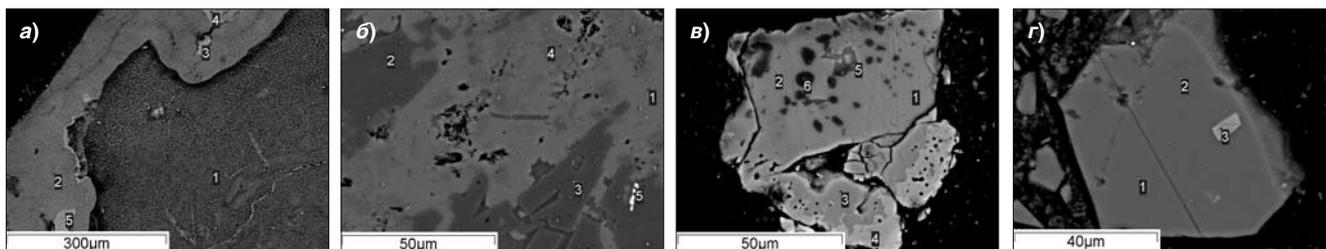


Рис. 1. Электронно-микроскопический анализ: а – непогасившихся зерен исходной извести; б – исходного перлита; в, г – известково-перлитового вяжущего, измельченного на виброистирателе в течение 5 мин

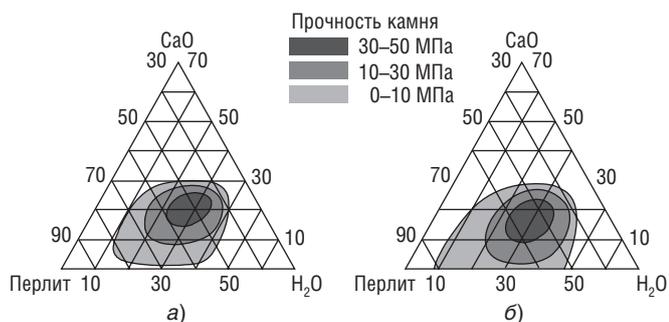


Рис. 2. Диаграммы состояния известково-перлитового камня после пропаривания вяжущего, измельченного: а – в шаровой мельнице; б – на стержневом виброистирателе

держатся кварц, калиевый и натриевый полевые шпаты, примеси плагиоклаза, оксидов железа и магния (рис. 1 б). При измельчении известково-перлитового вяжущего кроме перечисленных соединений появляется небольшое количество волластонита и, возможно, геленита (рис. 1 в, г). В результате химического сродства продуктов гидратации ВК с образуемыми при твердофазном синтезе соединениями последние будут служить подложкой, так как возможность образования новых фаз на поверхности твердого тела на несколько порядков выше, чем в объеме раствора.

Исследования показали, что протекание твердофазных реакций возможно в энергонапряженных аппаратах (стержневой виброистиратель). Образование новых фаз при механоактивации ВК в стержневом виброистирателе позволяет не только увеличить скорость гидратации и твердения, но ускорить структурообразование и повысить их активность (рис. 2).

На основе активированных ВК получены эффективные строительные материалы – плотные и ячеистые силикатные бетоны, силикатный кирпич, отделочные материалы, легкие бетоны безавтоклавного твердения. Безавтоклавная технология производства вышеперечисленных материалов позволяет свободно реализовать ее на заводах ЖБИ, силикатных изделий. Переход на безавтоклавную технологию снижает энергетические затраты на производство строительных материалов и изделий в среднем на 20–30%.

Для предлагаемых технологических линий рекомендуется использовать энергонапряженные центробежно-эллиптические мельницы серий ЦЭМ и К (ЗАО «Новиц», Новосибирск) или вибромельницы серии ВМ (ООО НПО «АкмеТехнология», Новосибирск), поскольку данные аппараты реализуют тот же принцип разрушающей нагрузки, что и стержневой виброистиратель. Кроме того, данные мельницы являются относительно компактными, что позволяет минимально переоборудовать существующие технологические линии или размещать их прямо на строительных площадках.

Список литературы

1. Урханова Л.А., Пермьяков Д.М., Чимитов А.Ж. Силикатные бетоны на основе активированного вяжущего из некондиционной извести и эффузивных пород // Строит. материалы. 2004. № 8. С. 40–41.
2. Урханова Л.А., Содномов А.Э., Костромин Н.Н. Пути повышения эффективности строительных материалов на основе активированных вяжущих веществ // Строит. материалы. 2006. № 1. С. 34–35.
3. Урханова Л.А., Балханова Е.Д. Получение композиционных алюмосиликатных вяжущих на основе вулканических пород // Строит. материалы. 2006. № 5. С. 51–53.



**ТЕХНОЛОГИЯ
АКМЕ**

От замысла до производства

Разработка, изготовление и ввод в эксплуатацию оборудования и производственных комплексов по выпуску тонкодисперсного сырья

ООО НПО «АкмеТехнология» – научно-производственная инновационная компания предлагает:

- вибромельницы • роторные мельницы • классификаторы воздушные • сушилки барабанные.

Вибромельница ВМ-200 предназначена для измельчения (сухого или мокрого) сыпучих материалов в непрерывном режиме. Конструкция мельницы отличается простотой и надежностью. В качестве мелющих тел используются стержни или шары.

Технические характеристики

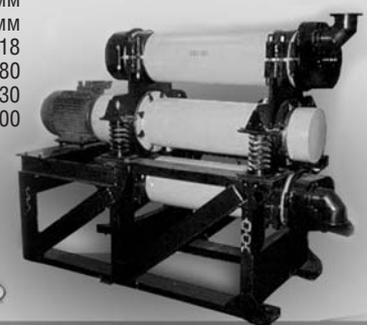
Производительность, не более, кг/ч.....	1500
Крупность исходного материала, не более, мм.....	10
Тонина помола:	
– стержневой	75%, менее 0,2 мм
– комбинированный	80%, менее 0,1 мм
– тонкий	95%, менее 0,063 мм
Потребляемая мощность, кВт	12–18
Габаритные размеры (длина/ширина/высота), мм	2480/1000/1680
Масса с мелющими телами, кг	2230
Стоимость (в зависимости от комплектации), тыс. руб.....	348–400

Области применения вибромельницы ВМ-200

- Истирание материалов и пигментов для лакокрасочного производства
- Измельчение строительных материалов и компонентов для сухих смесей
- Истирание, смешение и гомогенизация многокомпонентных составов
- Домол цемента, повышение их марки

Вибромельница ВМ-200 – исключительная надежность

ООО НПО «АкмеТехнология»
Россия, 630090, Новосибирск, ул. Институтская, 3, оф. 163
Тел./факс: (383) 333-20-44, 330-88-01 E-mail: akme@akmetech.ru www.akmetech.ru



РЕКЛАМА

Экспериментальные параметры одиночных импульсов акустической эмиссии в бетоне

Акустико-эмиссионный (АЭ) метод (ГОСТ 27655–88) используется в различных областях науки и техники. В настоящее время он нашел широкое применение для оценки прочности материалов и изделий, опасных в эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли. Менее интенсивно внедряется этот метод в строительстве.

Использование параметров АЭ для целей количественной оценки разрушений и напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций связано с определением информационных параметров АЭ; исследованием зависимости параметров АЭ от параметров разрушений и напряженно-деформированного состояния материала в конструкциях.

Для эффективного применения акустико-эмиссионного метода необходимо знать форму импульса АЭ; величину амплитуды волн, их частотный спектр; направленность излучения; затухание импульсов в среде распространения; величину и частотный спектр шумов, влияющих на обнаружение и оценку параметров импульсов АЭ.

Для установления методики измерения и интерпретации регистрируемых параметров АЭ проведен ряд экспериментальных и теоретических исследований.

Форма волны импульса акустической эмиссии в настоящее время мало изучена. Предполагается, что она несет информацию о тонкой структуре источника излучения и о кинетике разрушений структурных связей. Делаются попытки связать параметры формы волн с механизмом зарождения и временными характеристиками разрушения. Однако подробная интерпретация формы волны усложняется появлением многократных отражений в пределах конструкции и электроакустического преобразователя.

Предполагается также, что излучение акустической энергии происходит свободными поверхностями движущихся трещин. Теоретический расчет для этого случая показывает, что собственная частота колебаний свободных поверхностей трещин лежит в области нескольких сотен мегагерц, в то время как в эксперименте регистрируются колебания в килогерцовом диапазоне. Эксперименты не подтверждают наличия корреляции

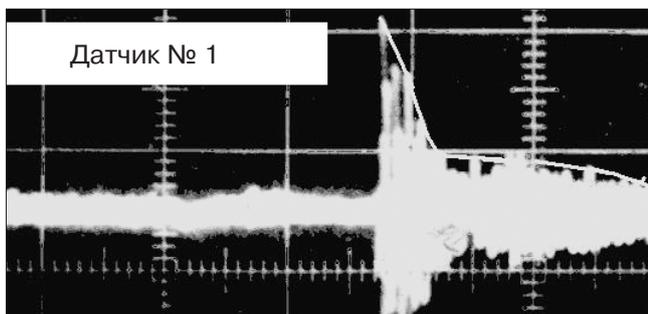


Рис. 1. Фотография импульса АЭ в бетонной балочке размером 10×10×40 см, получаемого с пьезоэлектрического широкополосного датчика № 1. Скорость распространения упругих продольных волн в образце $C_l = 3,77 \cdot 10^3$ см/с

частоты колебаний и скорости раскрытия трещины. Анализ развития микротрещин приводит к гипотезе, что импульсы акустической эмиссии могут возникать в момент автоторможения движущихся трещин. В этом случае первоначальный импульс является дискретным явлением с очень широким спектром частот.

При экспериментальном наблюдении импульсов АЭ в железобетонных конструкциях видна сложная реверберационная картина, которая сопровождает каждый импульс. Таким образом, реально регистрируют не обособленный аperiodический импульс, а затухающее колебание (рис. 1). Пренебрежение явлением может привести как к многократной ложной регистрации одного и того же импульса АЭ, так и к пропуску последующих. Растянутые во времени импульсы колебательного типа могут накладываться друг на друга, что ведет к взаимной маскировке импульсов реверберацией. Этот эффект проявляет себя в большей степени при большом объеме зоны прослушиваемого материала.

Представляет интерес структура хвостовой части импульса на рис. 1. На фотографии прослеживались колебания с резонансной частотой датчика АЭ $f_0 = 60$ кГц с периодом $T_d = 16,7$ мкс, с периодом $T_{bh} = 50$ мкс, что близко к расчетной резонансных колебаний по толщине балочки — 52,8 мкс, а также с периодом низкочастотных колебаний, которое соответствует полутолщине отрезку $T_b = 220$ мкс $L_b = 1/2 \cdot 220 \cdot 10^{-6} \cdot 3,77 \cdot 10^3 = 41,47$ см, т. е. длине бетонной балочки, на которой был проведен эксперимент. Таким образом, анализ полученных данных о влиянии отражений в образце и датчике на длительность колебательного процесса одиночного импульса АЭ показывает, что реверберационную часть импульсов АЭ можно объяснить колебаниями, обусловленными геометрией образца/конструкции и датчика.

От ложных импульсов теоретически можно освободиться, применяя широкополосные датчики.

Коэффициент затухания импульсов (рис. 2), полученный с помощью широкополосного датчика № 1, составляет $\beta_1 \approx 0,0035$ см⁻¹, а узкополосного № 2 — $\beta_2 \approx 0,0041$ см⁻¹. Таким образом, демпфирование датчика позволяет уменьшать длительность реверберации почти в 2 раза.

Действительно, продолжительность колебательной части импульса можно сократить, если использовать датчики с большей спектральной полосой частот. Для получения аperiodических импульсов потребовалась бы еще большая широкополосность, чем у датчика № 1. Однако спектральная широкополосность электроакустического датчика, служащего приемником АЭ, определяется соображениями не однозначности интерпретации измерений, а в большей степени чувствительностью, т. е. возможностью расширения объема прослушивания материала и, как правило, соображениями помехоустойчивости к аппаратурным и технологическим шумам. Применение узкополосного датчика позволяет выделить полезный сигнал выше уровня

помех. Спектр технологических шумов лежит, как правило, в низкочастотной области.

Для снижения уровня ложных срабатываний регистрирующей аппаратуры может быть применен прием детектирования, т. е. выделения огибающей. Другим способом является стробирование первой полуволны импульса, что означает прекращение приема аппаратурой каких-либо сигналов после полуволны импульса АЭ в течение продолжительности стробирующего импульса, величина которого задается оператором. Однако теоретические расчеты вероятности пропуска полезного сигнала в течение действия строба на фоне шумов с плотностью распределения по закону Гаусса показывают неэффективность данного способа.

На рис. 3 представлена принципиальная блок-схема аппаратуры для проведения АЭ исследований. Здесь импульсы АЭ, возникающие при нагружении образца 1 под нагрузкой Р, преобразуются с помощью датчика 2 в электрические импульсы и усиливаются усилителями 3, 6 в диапазоне частот, значительно превышающем частоты спектра шумов насосной установки пресса. Это достигается применением узкополосного датчика 2 и фильтра 4, настроенного на частоту 60 кГц. Для предотвращения ложного срабатывания счетчика от реверберационной части импульсы регистрируются детектором 5, т. е. выделяется их огибающая. Постоянную времени интегрирующей цепи детектора определяли из соображений максимальной чувствительности на высших частотах, и она соответствовала периоду колебаний несущей частоты. Постоянная времени заряда интегрирующей цепи составляла $\tau_{зар} = 16$ мкс. Постоянная времени разряда соответствовала среднему времени затухания реверберационного процесса датчика и составляла $\tau_{раз} = 1$ мс.

С выхода 4 сигналы подаются на входы четырех счетчиков импульсов 8–11. Усилитель 4 имеет линейную амплитудную характеристику, так что зоны прослушивания счетчиков импульсов 8–11 изменялись в соответствии с амплитудой импульсов АЭ. Пороговые уровни срабатывания счетчиков подобраны в соотношении 1:2:4:8. Логарифмический принцип уровней счетчиков 8–11 выбран в виду большого динамического диапазона импульсов АЭ при изменении нагрузки от 0 до R (R – прочность). Усилитель 6 имеет нелинейную амплитудную характеристику. Коэффициент его усиления изменяется обратно пропорционально амплитуде импульсов АЭ, так что на входе счетчика 12 амплитуда электрических импульсов имела постоянную величину, чтобы обеспечить постоянный объем зоны регистрации импульсов. Показания счетчика 12 соответствовали числу импульсов АЭ в зоне прослушивания, размеры которой сохранялись постоянными и не зависели от величины деформации материала. Фотографии регистрируемых импульсов приведены на рис. 4*. Максимальная чувствительность по входу составляла 30 мкВ. В качестве счетчиков 8–12 использовались интеграторы типа Ф-481. На рис. 3 они объединены в единый блок – интегратор 7.

В ходе экспериментов установили, что наблюдается корреляция между уровнем нагрузки, действующей на материал, и амплитудой импульсов АЭ; степенью возрастания частоты следования и дефектностью материала и т. д. Важным свойством АЭ является дискретность появления импульсов.

Для количественной оценки вероятности пропуска импульсов регистрирующей аппаратурой будем рассматривать АЭ по отрезкам, соответствующим различным уровням нагружения, и примем обычные в таких случаях допущения, действительные для достаточно ма-

$\varepsilon/\varepsilon_k$	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
\dot{n}	87	96	110	125	150
$P_{пр}$	0,086	0,096	0,11	0,11	0,13

лых отрезков процесса: последовательность импульсов АЭ рассматриваемых отрезков отвечает условиям стационарности; число импульсов за малое время наблюдения не зависит от числа импульсов, появившихся за остальное время отрезка; вероятность появления двух и более импульсов за очень малое время наблюдения пренебрежительно мала по сравнению с вероятностью появления одного импульса.

При сделанных допущениях вероятность пропуска импульсов можно оценить по формуле Эрланга:

$$P_a = \frac{a}{1+a}, \quad (1)$$

здесь $a = \dot{n}\tau_{раз}$ – параметр, характеризующий количество разрушений за период релаксации, где \dot{n} – интенсивность разрушений, имп/с; τ – постоянная времени релаксации, мс.

В таблице приведена вероятность пропуска одного импульса на различных уровнях нагружения бетонных образцов при $\tau_{раз} = 1$ мс и экспериментальных значениях \dot{n} .

Из таблицы видно, что в нашем случае вероятность пропуска импульса вследствие его маскировки не превышает 13%.

Если предположить, что разрушение материала происходит в результате разделения частиц, т. е. разрыва структурных связей, то излучение импульсов АЭ происходит в результате необратимого ступенчатого смещения частиц и связано с высвобождением упругой энергии деформации в области разрыва. Величина амплитуды импульсов АЭ в области разрыва соответствует значению максимального напряжения. Число возникающих импульсов можно трактовать как число разрывов элементарных связей при достижении в них величины предельной деформации. Такое представление соответствует дискретному характеру образования свободной поверхности трещин и связи параметров импульсов АЭ с параметрами деформирования материала.

Исходя из статистической теории прочности определим начальные параметры импульсов АЭ. Использование одномерных моделей является определенной условностью и не может отражать в полной степени истинной картины напряженно-деформированного состояния и

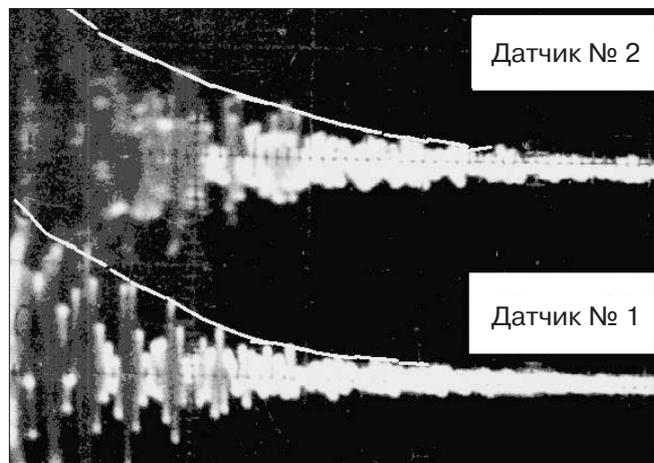


Рис. 2. Фотография импульсов АЭ, одновременно получаемых с пьезоэлектрических датчиков № 1 и № 2

*Для запуска развертки осциллографа 14 был применен дополнительный датчик № 3 (на схеме не показан).

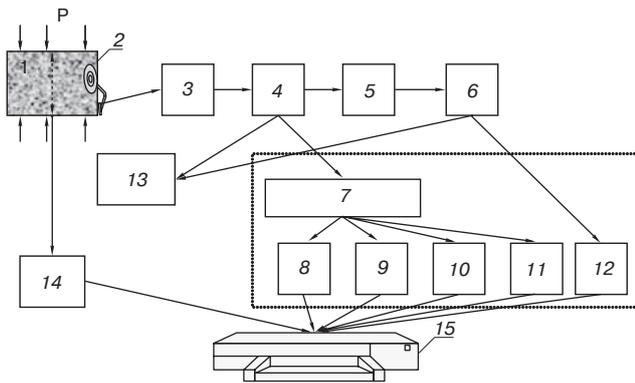


Рис. 3. Принципиальная блок-схема аппаратуры, используемой при эксперименте при определении параметров диаграммы деформация–суммарное число импульсов АЭ: 1 – образец; 2 – приемный датчик; 3 – усилитель; 4 – фильтр; 5 – детектор; 6 – оконечный усилитель; 7 – интегратор; 8–11 – счетчики импульсов зоны постоянной чувствительности; 12 – счетчик импульсов постоянного объема зоны регистрации; 13 – двухлучевой осциллограф; 14 – тензометр/тензостанция; 15 – запоминающее устройство/принтер

процессов возникновения акустической эмиссии в реальных телах. Однако теоретические зависимости, полученные с помощью анализа этих моделей, не противоречат физическому смыслу и удовлетворительно для практики отражают поведение бетона в условиях, близких к однородному напряженному состоянию.

Примем во внимание экспериментальный факт наблюдения колоколообразной начальной формы импульса АЭ и запишем временную зависимость напряжения в точке разрыва, соответствующую начальному давлению в упругой волне, в виде функции времени:

$$\sigma_i(t) = \sigma_i e^{-(t/T)^2}, \quad (2)$$

где σ_i – начальная величина напряжения элементарной связи при ее деформировании на величину α_i ; t – время, а постоянная T характеризует период релаксации напряжений в области разрушений:

$$u_i = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sigma_i}{E_i} dr = 2C\alpha_i \int_0^{\infty} e^{-t^2/T^2} dt = \sqrt{\pi} C\alpha_i T, \quad (3)$$

где r – расстояние, на которое распространяется возникающая упругая волна; C – скорость распространения упругих волн в твердом теле, $dr = Cdt$; α_i – предельная величина деформирования i -й структурной связи; E_i – модуль упругости.

Скорость смещения найдем из определения деформирования элементарной связи с учетом временных эффектов:

$$\dot{u}_i(t) = \frac{du}{dt} = C\alpha_i e^{-t^2/T^2}. \quad (4)$$

Энергия импульса смещения частиц твердого тела определяется согласно известному выражению:

$$W_n = \int_{-\infty}^{\infty} \sigma_n \dot{u}_n(t) dr = \frac{\sqrt{\pi} C t}{\sqrt{2}} \alpha_i^2 E_i. \quad (5)$$

Спектр импульса колебательной скорости согласно преобразованию Фурье может быть представлен выражением:

$$S_{\dot{u}_i}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \dot{u}_i(t) e^{j\omega t} dt = \sqrt{\pi} C T \alpha_i e^{-\omega^2 T^2/4}, \quad (6)$$

где ω – круговая частота.

Электрический сигнал на выходе пьезоэлектрического преобразователя, чувствительного к колебатель-

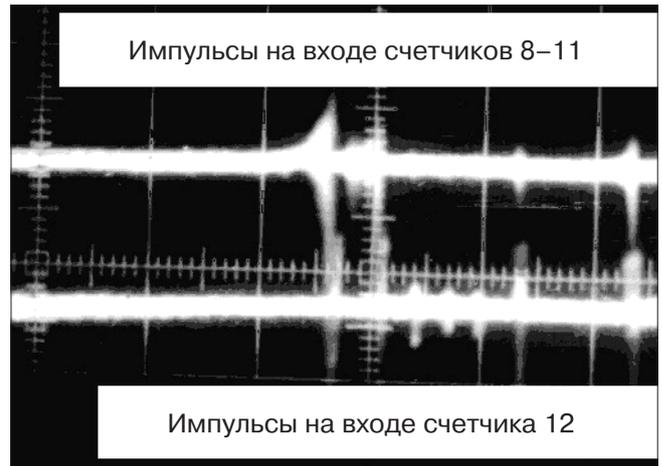


Рис. 4. Фотографии регистрируемых импульсов АЭ, одновременно получаемые в ходе эксперимента, измерительный тракт которого приведен на рис. 4

ной скорости частиц, согласно выражению (4) пропорционален величине $\varepsilon = \alpha_i$ и скорости распространения упругих колебаний.

Примем во внимание большую плотность источников на единицу поверхности разрушения и предположим статистическую изотропность характеристик источников импульсов АЭ по пространству. Если величина предельной деформации для рассматриваемой группы связей одинакова, то неравенство амплитуды значения импульсов в точке регистрации при сделанных допущениях целиком определяется зависимостью амплитуды импульсов от пройденного расстояния.

На основании изучения характеристик импульсов, излучаемых при разрушении бетона, можно сделать вывод, что размеры источника импульсов АЭ малы по сравнению с длиной волны, т. е. излучение импульсов в таких материалах может быть описано характеристиками точечного источника. Действительно, при разрушении бетонных образцов размером $20 \times 20 \times 20$ см удается зарегистрировать около 10^7 импульсов АЭ, при этом средняя плотность импульсов на единицу объема составляет около 1250 имп/см³.

В соответствии с гипотезой о точечном характере источника излучения выражение (4) перепишем в виде:

$$\dot{u}(r,t) = \frac{1}{r} \dot{u}(t) = \frac{C\alpha_i}{r} e^{-t^2/T^2}. \quad (7)$$

Далее определим влияние среды на затухание импульсов. После прохождения расстояния r через среду с затуханием результирующей спектр импульса, прошедшего через бетон, определяется, как известно, произведением спектра первоначального импульса и характеристики затухания ультразвуковых волн в материале:

$$S_{\dot{u}}(r,\omega) = S_{\dot{u}}(\omega) e^{-\beta r}, \quad (8)$$

где β – коэффициент затухания.

Согласно обратному преобразованию Фурье форма и величина импульса определяются выражением:

$$\dot{u}(r,t,\beta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{\dot{u}}(\omega) e^{-\beta r} e^{-j\omega t} d\omega, \quad (9)$$

где $t' = t - r/C$ – текущее время, взятое с учетом запаздывания.

Вид зависимости затухания от частоты в частотном диапазоне (20–200 кГц) хорошо описывается параболой второй степени. Рассмотрим случай квадратичной зависимости коэффициента затухания β от частоты:

$$\ddot{u}(r,t,\beta) = \frac{C\alpha_i T}{r[(T/2)^2 + \beta_0 r/\omega_0^2]^{1/2}} \exp\left[\frac{t^2}{4[(T/2)^2 + \beta_0 r/\omega_0^2]^{1/2}}\right], \quad (10)$$

где ω_0 – круговая фиксированная частота; β_0 – коэффициент затухания при фиксированной частоте.

Как следует из выражения (10), затухание импульса АЭ не описывается экспонентой, как для монохроматических сигналов. Это отличие объясняется аперийским характером импульса (2).

В точке с координатой r сигнал достигает максимума в момент времени $t = r/C$ ($t' = 0$), при этом он будет равен:

$$\dot{u}(r,0,\beta) = \frac{C\alpha_i T}{r \left[1 + \frac{4\beta_0 r}{(T\omega_0)^2}\right]^{1/2}}. \quad (11)$$

Оценим значение параметров, входящих в выражение (11). Для бетонов значение β_0 на частоте 10^4 – 10^5 Гц лежит в диапазоне 0,02–0,45. Соотношение, при котором слагаемые в знаменателе выражения (11) соизмеримы:

$$\frac{4\beta_0 r_{min}}{(T\omega_0)^2} = 1. \quad (12)$$

Из (12) получим r_{min} , соответствующее расстоянию от точки излучения, при повышении которого знаменатель выражения можно упростить:

$$r_{min} = \frac{(T\omega_0/2)^2}{\beta_0}. \quad (13)$$

Для бетонов при значениях $\omega_0 = 2\pi \cdot 10^5$ это расстояние составляет ~2 см. Следовательно, на расстояниях $r > r_{min}$ можно положить:

$$\frac{4\beta_0 r}{T^2 \omega_0^2} \gg 1. \quad (14)$$

Положим равномерную плотность источников импульсов АЭ по пространству. Поскольку $r_{min} = 2$ см и радиус зоны прослушивания $r_3 > 20$ см, относительное число импульсов, для которых выражение (14) неправомерно, будет составлять лишь $r_{min}/r_3^3 < 10^{-3}$.

На основании неравенства (14) выражение (11) перепишем в виде:

$$\dot{u}(r,0,\beta) \cong \frac{C\alpha_i T\omega_0}{\beta_0^{1/2} r^{3/2}}. \quad (15)$$

При ограниченной чувствительности регистрирующей аппаратуры будут фиксироваться только те импульсы, которые превышают порог чувствительности.

Предположим, аппаратура срабатывает, если амплитуда пришедшего в точку измерения импульса превышает некоторое значение $\dot{u} > \dot{u}_m$. Тогда из выражения (15) определим радиус зоны регистрации импульсов:

$$r_m = \left[\frac{CT\omega_0}{\beta_0^{1/2}} \times \frac{\alpha_i}{\dot{u}_m} \right]^2, \quad (16)$$

где \dot{u}_m – значение амплитуды импульса, соответствующее максимальной чувствительности регистрирующей аппаратуры.

Объем зоны регистрации импульсов в полупространстве равен:

$$V_m = \frac{2}{3} \pi \frac{(CT\omega_0)^2}{\beta_0} \left(\frac{\alpha_i}{\dot{u}_m} \right)^2. \quad (17)$$

При плотности источников импульсов АЭ, равномерной и равной n_i , получим при уровне нагружения материала j число импульсов, возникающих в объеме V_j , равное $N_j = n_j \cdot V_m$, или для полупространства:

$$N_j = n_j \times V_j = n_j \times \frac{2}{3} \pi \frac{(CT\omega_0)^2}{\beta_0} \left(\frac{\alpha_i}{\dot{u}_m} \right)^2. \quad (18)$$

Как следует из выражения (18), число импульсов АЭ, регистрируемое аппаратурой, зависит от комплекса параметров, включающего как параметры, характеризующие свойства материала при разрушении, так и параметры, характеризующие распространение импульсов ω_0 , β_0 и чувствительность аппаратуры \dot{u}_m . Следовательно, при регистрации абсолютного числа импульсов необходимо знать все вышеперечисленные параметры.

Кроме того, при практических измерениях возникают дополнительные трудности, связанные со стабильностью акустического контакта, акустическим согласованием разрушаемого материала и приемного датчика, постоянством чувствительности аппаратуры. Пренебрежение этими факторами может привести к значительным погрешностям.

Как следует из выражения (17), при деформировании материала по мере разрушения все более прочных структурных элементарных связей (α_i) объем зоны, в которой регистрируются импульсы АЭ, возрастает. Это приводит к тому, что число импульсов становится зависимым не только от свойств материала, т. е. от характеристик распространения импульсов в зависимости от закона плотности распределения прочности и предельной деформации структурных элементарных связей, но и от напряженно-деформированного состояния материала. Для того чтобы результаты измерения параметров импульсов АЭ при различных уровнях нагружения были сопоставимы, необходимы адекватные условия измерения. Для адекватности, например, можно потребовать постоянство величины контролируемого объема, т. е. $V_m = \text{const}$.

Выполнение этого принципа обеспечивает одновременно эффективное решение двух методических измерительных задач: определение количества разрушенных связей в единице объема материала, что обеспечивает, в свою очередь, аналитический расчет характеристик свойств и состояния материала; снижение уровня риска ошибки регистрации ложных импульсов и пропуска импульсов за счет эффекта маскировки.

Таким образом, анализ условий распространения импульсов АЭ в материале позволяет сформулировать основные требования к методике регистрации импульсов при анализе связи параметров процессов эмиссии и деформирования материала:

- для анализа энергии активации структурных связей материала существенным является определение суммарного числа импульсов АЭ, возникающих в единице объема деформируемого материала, и амплитуды импульсов при учете соотношений (10) – (16);
- для определения суммарного числа импульсов в единице объема необходимо располагать сведениями о числе регистрируемых импульсов и размерах зоны регистрации, которые зависят от начальных характеристик, условий затухания импульсов и чувствительности аппаратуры.

Анализ параметров можно провести при соблюдении условий адекватности измерений, при которых объем зоны остается постоянным при эксперименте, или при учете влияния изменения начальных импульсов АЭ расчетным путем, введя соответствующие корректировки.

Б.П. ТАРАСЕВИЧ, канд. техн. наук, ведущий советник Министерства строительства, архитектуры и ЖКХ Республики Татарстан (Казань)

Технологическая линия Verdes-Ingicer-Solincer на заводе «Ключищенская керамика» в Татарстане

В Татарстане строится кирпичный завод «Ключищенская керамика», оснащаемый испанской технологической линией Verdes-Ingicer-Solincer мощностью 60 млн шт. усл. кирпича в год [1]. Проект реализуется под контролем Президента Республики Татарстан М.Ш. Шаймиева.

Техническим заданием заказчика предусмотрен выпуск пустотелых стеновых камней по ГОСТ 530–95 формата 2 НФ марочностью М150–М175 с теплопроводностью 0,2–0,25 Вт/(м·К) – 79% от объема производства, полнотелого пустотелого кирпича по ГОСТ 530–95 марочностью М200–М250 – 5% от объема выпуска, лицевого керамического кирпича по ГОСТ 7484–78 светлых и темных тонов – 16% от общего объема продукции.

Сырье Ключищенского месторождения является относительно низкокачественным, оно содержит карбонатные включения, около 5% песчаной и свыше 60% пылеватой алевритовой фракции. Глинистая фракция представлена минералами группы монтмориллонита (сметки-

тами). Глинистая и пылеватая фракции чувствительны к сушке, образование сушильных трещин по экспресс-методу Чижского происходит через 58–83 сек; сушильная усадка составляет 9,2%. Таким образом, сырье имеет неудовлетворительные сушильно-обжиговые свойства.

Песчаная и пылеватая фракции при обжиге не участвуют в синтезе стеклофазы и кристаллических новообразований, придающих прочность керамике и усложняют процессы нагрева – охлаждения кирпича в зоне кварцевого перехода, поскольку представлены в основном свободным SiO₂ (содержание в сырье до 50%), что одновременно ухудшает формовочные свойства (пластичность) сырья и не позволяет вводить в массу необходимое количество отошающих добавок для улучшения сушильных свойств шихты.

Для повышения марочности и расширения цветовой гаммы кирпича в качестве добавки вводится мергелистая глина Тетюшского района РТ. Эта глина содержит до 5% свободного кварца и 30–40% CaCO₃ в виде микросферолитов размером

около 5 мкм, равномерно распределенных по объему глинистой фракции, которая наряду с монтмориллонитовым компонентом включает до 11% гидрослюд (иллитов).

Предварительная подготовка сырья

Ввиду неоднородности вещественного состава глинистого сырья по площади и глубине залегания в карьере, предусматривается его естественная обработка и усреднение конусованием с выдержкой в конусах не менее одного года. В годовые конусы необходимо укладывать около 105 тыс. м³ Ключищенской и 15 тыс. м³ мергелистой глины.

Повторная переэкскавация и усреднение глинистого сырья осуществляется при его транспортировке из конуса в отапливаемый глинозapasник с резервом компонентов шихты примерно на два месяца работы завода.

На рис.1 приведена компоновка технологической линии Verdes-Ingicer-Solincer в производственном корпусе 205×90×8 м. Цифрами обозначены позиции основных единиц технологического оборудования.

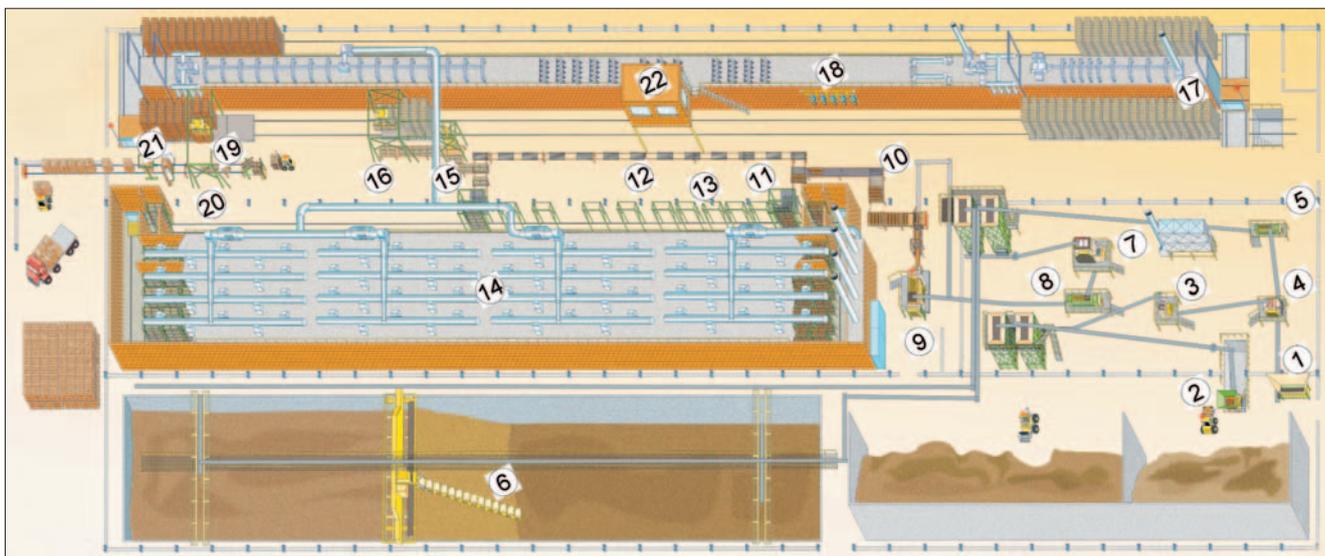


Рис. 1. Технологическая линия Verdes-Ingicer-Solincer мощностью 60 млн. шт. усл. кирпича в год на заводе «Ключищенская керамика» в Татарстане (пояснения в тексте)



Рис. 2. Глинодробилка Verdes на стадии монтажа

Отделение массопереработки и формования

Из глинозапасника компоненты шихты ковшовыми погрузчиками подаются в приемные бункера ящичных питателей Verdes (1), которые осуществляют их объемное дозирование.

Первой массоподготовительной машиной в линии является глинодробилка Verdes модель 117 DT (2). Ее особенностью является наличие верхнего первичного вала с билами, после чего глина измельчается между двумя радиально-ребристыми валками, снабженными пластинчатыми ножами, входящими в канавки противоположных валков. После первичного измельчения комья глины размером 30–60 мм извлекаются из канавок валков с помощью установленной под ними скребковой гребенки (рис. 2).

Измельченная таким образом глина проходит под магнитным сепаратором, которые далее установлены над транспортерами по всему пути следования сырья, и поступает в два промежуточных бункера запаса, откуда дозируется линейными питателями Verdes и направляется в валковый дезинтегратор Verdes модель 127-B с одним продольно-ребристым и одним гладким валком. Валковый дезинтегратор укомплектован вальцешлифовальным станком Verdes (3).

Затем керамическая масса перерабатывается на вальцах среднего помола Verdes модель 085-FDH с гладкими валками, которые комплектуются двумя вальцешлифовальными станками Verdes (4).

После этого компоненты шихты перемешиваются в двухвальной глиномешалке Verdes модель 046C (5).

Заключительный этап переэкскавации, усреднения и вылеживания предварительно переработанной шихты осуществляется в шихтозапаснике ямного типа с запасом керамической массы примерно на два месяца работы завода, который оснащается погрузочно-разгрузочными мостами и многоковшовым экскаватором Verdes (6) (рис. 3).



Рис. 3. Многоковшовый экскаватор Verdes

После шихтозапасника керамическая масса, пройдя через два промежуточных бункера запаса, подвергается окончательной переработке на шарнирных вальцах супертонкого помола Verdes модель LAVH – 092/1000, которые с целью измельчения карбонатов до фракции менее 1 мм работают при зазоре 0,7–0,8 мм и комплектуются двумя вальцешлифовальными станками Verdes (7).

Далее в линии установлен глиномеситель с фильтрующей решеткой Verdes модель 049-DVF/SUPER (8).

Затем масса поступает в надпрессовую глиномешалку вакуумного экструдера COMBI модель 077-C/65 производительностью 12245 шт. усл. кирпича в час с диаметром прессующего шнека 650 мм и давлением прессования до 3,5 МПа, оснащаемого мундштуками Verdes и системой паропрогрева для облегчения формования бруса и последующей сушки кирпича-сырца (9).

Оборудование «влажной» стороны сушилки

Резка экструдированного бруса осуществляется автоматом многострунной резки Ingicer, который вначале отрезает мерный брус, который далее режется многострунной секцией на камни формата 2 НФ либо одинарный кирпич. Особенностью автомата является наличие двух быстро сменяемых многострунных секций, что позволяет избежать простоя линии в случае обрыва струны в работающей секции (10) (рис. 4).

Автомат-укладчик кирпича-сырца Ingicer (11) вначале формирует прямоугольные карты (слои) из кирпича либо камней 2 НФ с их раздвижкой на величину сушильного зазора, затем укладывает сформированные карты из 156 шт. усл. кирпича на сушильные палеты и далее загружает по 20 палет с сырцом на полки сушильных вагонеток емкостью 3120 шт. усл. кирпича.

Внешний контур спецтранспорта сушилки включает два обгонных пути для подачи свободных сушильных палет (12) и порожних сушиль-



Рис. 4. Автомат многострунной резки бруса Ingicer

ных вагонеток на загрузку (13). Общий парк сушильных вагонеток составляет 208 штук, палет – 4160 шт.

На перспективу в качестве дополнительной опции на «влажной» стороне сушилки предусмотрена возможность установки между прессом и автоматом резки бруса специального устройства - рустикатора, который при выходе глиняного бруса из экструдера может осуществлять следующие виды декоративной обработки поверхности трех лицевых граней кирпича-сырца:

- торкретирование песком либо цветной минеральной крошкой;
- офактуривание цветными керамическими ангобами;
- текстурирование поверхности под «кору дуба» и другие рисунки;
- создание эффекта шероховатости поверхности за счет нанесения цапапин (рустикация).

В качестве еще одной дополнительной опции предусмотрена возможность последующей комплектации экструдера дополнительными мундштуками Verdes и установки после прессы отдельного автомата Ingicer для резки крупноформатных блоков до 15 НФ, а также автоматизированного склада палет. Расстояния между полками по высоте сушильных вагонеток предусматривают возможность загрузки палет с различными размерами стеновых камней (рис. 5).

Производительность массоподготовительного, формовочного и машинного оборудования «влажной» стороны сушилки обеспечивает проектную мощность линии при двухсменной работе. Сушилка и последующее оборудование в линии работают в три смены и имеют суточную производительность 180430 шт. усл. кирпича (7518 шт/час).

Сушилка

С целью обеспечения бездефектной сушки сырца проектом фирмы Solincer предусмотрена не имеющая аналогов в Республике Татарстан крупногабаритная проходная четырехзонная сушилка Solmix A-SEC-500, оснащенная 105 коническими ротами-миксерами Solinmix (14).



Рис. 5. Сушильные вагонетки между тубусами ротамиксеров Solinmix в сушилке Solmix (стадия монтажа сушилки)

Внутренний контур спецтранспорта сушилки включает подачу загруженных вагонеток во входной тамбур сушилки, а затем в туннель резерва, где формируется запас вагонеток для обеспечения непрерывной трехсменной работы сушилки при двухсменной работе формовочного отделения. Из туннеля запаса вагонетки подаются в рабочий туннель (рис. 5).

В рабочем туннеле сушилки расположено пять рядов поворотных конических тубусов ротамиксеров Solinmix по 21 шт. в каждом ряду со щелевыми соплами для осуществления рециркуляции и турбулизации теплоносителя. Каждый из ротамиксеров имеет собственный нагнетающий вентилятор и привод поворота тубуса, а также клапаны для регулирования соотношения между влажным рециркулятом и горячим сухим воздухом от печи или теплогенератора, которые смонтированы на перекрытии вне рабочей зоны сушилки, что облегчает условия их эксплуатации и техническую профилактику.

В начальной зоне сушилки относительная влажность теплоносителя, выдуваемого из щелевых дюз тубусов, максимальна, а его температура регулируется за счет автономного теплогенератора. Это позволяет реализовать мягкий режим сушки — избежать сильного градиента влажности по сечению сырца, исключив пересушку и растрескивание лицевых граней из-за разницы сушильной усадки по объему кирпича и в то же время не допустить снижения температуры и конденсации паров воды в зоне загрузки.

Две следующие технологические зоны характеризуются постепен-

ным понижением относительной влажности и повышением температуры рабочей смеси.

В последней зоне сушилки, где сырец достигает критической влажности, и его усадка уже прекращается, осуществляется скоростная досушка кирпича и камней за счет горячего и сухого воздуха, поступающего из зоны охлаждения туннельной печи.

В целом система из 105 вентиляторов ротамиксеров Solinmix обеспечивает примерно 10-кратный обмен и перемешивание теплоносителя в поперечном сечении рабочего туннеля относительно объема его общей подачи и противоточного движения по длине туннеля за счет шести вытяжных и четырех позонных нагнетающих вентиляторов.

Общие габариты сушилки рассчитаны исходя из срока сушки 70 часов, и составляют 112,8×22,5×5,5 м.

Оборудование «сухой» стороны сушилки

Вагонетки с высушенным сырцом через разгрузочный тамбур сушилки подаются к автомату-разгрузчику Ingicser (15), который выполняет функции, обратные автомату-укладчику (11). Он формирует и передает карты размером 1×1 м, которые далее захватываются грейферами автомата-садчика кирпича Ingicser (16).

Порожние палеты и сушильные вагонетки возвращаются на загрузку к автомату-укладчику (11).

Автомат-садчик Ingicser (16) формирует на канализованном поде печной вагонетки размером 4,5×4,58 м 16 обжиговых пакетов кирпича размером 1×1×0,9 м с их перевязкой за счет разворота слоев кирпича на 90°. Садка рядового кирпича и камней в обжиговый пакет осуществляется в положении на «ложок», а лицевой кирпич — в положении на «постель» во избежание пестроты окраски лицевых граней при обжиге.

Туннельная печь с предпечью

Контур спецтранспорта печных вагонеток включает два обгонных рельсовых пути с трансбордерами снаружи печи и один рабочий путь в туннеле печи. Парк печных вагонеток составляет 56 штук.

Исследованиями фирмы Solinmix установлено, что после сушки сырца катионы из обменного комплекса макроанионов глинистых минералов при высокой относительной влажности воздуха в цехе снова адсорбируют влагу из атмосферы до достижения равновесной влажности сырца около 5%.

Для досушки сырца на печных вагонетках перед туннельной печью

предусмотрено предпечье длиной 31,9 м на семь вагонеток, оснащенное четырьмя вентиляторами для подачи горячего воздуха, его рециркуляции внутри предпечья и отбора влажного воздуха (17).

Термодилатометрическими исследованиями установлено, что 49% расширения сырца при нагреве и 55% его усадки при охлаждении происходит в зоне кварцевого перехода (температурный интервал 500–600°С). С учетом этого проектом предусмотрено удлинение соответствующих зон печи примерно на 20% относительно типовых решений. Исходя из расчетного срока обжига 40 ч в проекте предусмотрена современная автоматизированная туннельная печь F-TBP-500 с подвесным плоским сводом и размером обжигового канала 149×4,5×1,8 м (18).

Общая длина печи с предпечью составляет 180,9 м. Предусмотрена возможность обжига кирпича как в окислительной, так и в восстановительной среде.

При загрузке трансбордером очередной печной вагонетки одновременно открываются четыре подъемные двери на входе и выходе из предпечья, а также на входе и выходе из разгрузочного тамбура на противоположном конце туннеля печи, откуда выходит вагонетка с обожженным кирпичом.

В туннеле печи поезд печных вагонеток последовательно проходит три технологические зоны подогрева, обжига и охлаждения кирпича. Кривая обжига и аэродинамический режим работы печи адаптированы к обжиговым свойствам глинистого сырья Ключищенского месторождения.

В зоне подогрева кирпич нагревается горячим воздухом, поступающим из зоны обжига за счет тяги дымососа в начале печи. Здесь же установлены вентиляторы для интенсивной рециркуляции воздуха, как по сечению, так и по длине зоны подготовки. В конце зоны подготовки установлена группа боковых горелок.

Зона обжига оснащена двумя группами сводовых горелок. Первая по ходу группа снабжена горелками с авторозжигом и системой контроля пламени для предотвращения попадания негоревшего газа в зону предварительного нагрева.

Зона охлаждения по длине разделена на три участка:

- быстрого охлаждения до области кварцевого перехода (примерно до 600°С). Нагретый воздух поступает в зону обжига;
- медленного охлаждения в зоне кварцевого перехода (600–500°С). Включает 16 вытяжных колпаков и отсасывающий вентиля-

тор, направляющий горячий и сухой воздух в сушилку;
 — быстрого охлаждения после кварцевого перехода. Включает нагнетающий вентилятор контравек, расположенный у выходного тамбура печи.

Охлаждение подвагонеточного пространства печи осуществляется отдельным вентилятором.

Оборудование для пакетирования и упаковки готовой продукции

После печи в линии установлены автоматы Ingicser для разгрузки печных вагонеток (19), формирования транспортных пакетов на деревянных поддонах (20) и их упаковки в термоусадочную пленку (21). Готовые пакеты вильчатыми погрузчиками загружаются в автотранспорт либо складываются на выстравочной площадке завода.

Контроль и управление производством

Контроль и управление производством полностью автоматизированы и осуществляются с компьютерного пульта, расположенного в кабине управления (22). Системой управления поддерживается функция дистанционной диагностики и технического обслуживания линии

через сеть Интернет. При возникновении нестандартных ситуаций специалисты фирмы Solincer имеют возможность непосредственно из своего офиса в Барселоне в режиме реального времени оказать техническую поддержку персоналу завода.

Повышение марочности и расширение цветовой гаммы кирпича

Фирмой Solincer изучена возможность повышения марочности кирпича за счет добавок мергелистой глины. Установлено, что уже при 25% добавки прочность образцов при изгибе возрастает в 1,5 раза за счет появления при обжиге кристаллических новообразований типа волластонита и увеличения доли стеклофазы в керамике. Важным является то, что при этом рост прочности керамики сопровождается ее дополнительной поризацией за счет термического разложения карбонатов при обжиге.

Изучена возможность получения кирпича объемного окрашивания светлых тонов за счет добавок мергелистой глины при обжиге керамики в окислительной среде и темных тонов при обжиге в восстановительной среде.

Установлено, что при обжиге в окислительной среде цвет керамики изменяется от красного (без добав-

ки) до желтого (50% мергелистой глины) проходя через ряд промежуточных тонов при различном содержании добавки.

При обжиге в восстановительной атмосфере образцы без добавок имеют коричневую окраску (шоколадный цвет), а при вводе 50% мергелистой глины — желто-зеленоватый оттенок.

Выявлено, что цветовые оттенки кирпича с добавкой мергелистых глин весьма чувствительны к неравномерному распределению температурного поля по сечению обжигового канала печи, а также к изменению окислительно-восстановительных условий обжига в местах наложения поверхностей кирпича друг на друга при его садке в обжиговые пакеты на печные вагонетки.

С учетом этого предусмотрена садка лицевого кирпича в обжиговые пакеты в положении «на постель».

Ввод завода в эксплуатацию запланирован на 4 квартал 2008 г.

Литература

1. Тарасевич Б.П. Производители строительной керамики Республики Татарстан наращивают выпуск современной продукции // Строит. материалы. 2007. № 2. С. 20–22.

НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ

Ремонт и строительство печей "под ключ"

- Разработка и производство специальных видов продукции;
- Экспертная оценка и техническое сопровождение проектов;
- Работы по футеровке тепловых агрегатов;
- Комплектация объектов материалами и оборудованием;
- Гарантия эксплуатации 5 лет.

Тел./факс: (4725) 44-97-01, e-mail: general@futerovka.ru, <http://www.futerovka.ru>

Солинсер & Вердес

Ваши партнеры для строительства будущего

Более 500 заводов по всему миру.
20 заводов в России и Украине.



Поставщик полной производственной линии

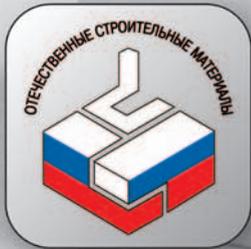
Solincer
Performance in ceramics

Verdés

Ctra. de la Pobla, 22 – 08788 Vilanova del Camí (Bcn) Spain
Tel.: +34 93 804 70 52 Fax: +34 93 804 70 58
e-mail: solincer@solincer.com

www.solincer.com www.verdes.com

Звоните нам. Мы вместе найдем решение.



ДЕВЯТАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
2008



В РАМКАХ ВЫСТАВКИ:

ЕЖЕГОДНЫЙ ФОРУМ "СТРОЙИНДУСТРИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ"

ДЕНЬ СТРОИТЕЛЬНОГО КИРПИЧА

30 ЯНВАРЯ - 2 ФЕВРАЛЯ
МОСКВА,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

ОРГАНИЗАТОРЫ:



Правительство Москвы
(Качество архитектуры, строительства,
развития и реконструкции городов)



ЕВРОЭКСПО

ОФИЦИАЛЬНАЯ
ПОДДЕРЖКА



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ
СПОНСОР:



ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:

СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ЭКСПЕРТ

СТРОИТЕЛЬСТВО

СОВРЕМЕННЫЙ
ДОМ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ
СПОНСОР ДСК:

ТЕХНО
ЛОГИ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:

Ваш Дом.RU

ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



WWW.OSMEXPO.RU

Повышение долговечности бетона электрорезонансной пропиткой водными дисперсиями полимеров

Сохранить основные фонды России – важнейшая задача в развитии экономики. Обеспечение долговечности, в том числе в условиях агрессивной среды, – одно из наиболее актуальных направлений в развитии современной строительной науки и практики. В зависимости от условий эксплуатации зданий и сооружений до 75% строительных конструкций подвергается воздействию агрессивных сред. Это вызывает снижение надежности конструкций зданий и сооружений.

Совершенствование технологии производства бетона, применение новых защитных материалов и модификаторов позволяют получить бетоны с требуемыми коррозионными характеристиками.

Одними из перспективных защитных материалов являются композиции на основе водных дисперсий полимеров. Это обусловлено их многочисленными достоинствами – экономичностью, высокой технологичностью, отсутствием токсичности, пожаро- и взрывобезопасностью.

Выявленные при исследовании структурные параметры полимеров обеспечивают сохранение основных свойств бетона при различных внешних и внутренних изменениях. Использование представлений о поверхностных явлениях и контактных взаимодействиях, изучение закономерностей влияния добавок (модификаторов) на цементные системы, формирование в бетоне барьерных структур позволяют целенаправленно использовать водные дисперсии полимеров для управления в требуемом направлении свойствами бетона, что обеспечивает его коррозионную стойкость и долговечность сооружений в целом.

Были проведены исследования, позволившие разработать комплексную защиту свай путем пропитки; ростверков – нанесением покрытий; полов – введением полифункциональных добавок.

Впервые в мировой практике разработан новый способ пропитки свай водными дисперсиями полимеров винилового ряда ВХВД-65 с использованием метода электрического резонанса.

Под действием приложенного переменного электромагнитного поля (рис. 1) частицы полимера перемещаются в тело бетона. Путем изменения величины емкостного сопротивления при помощи батареи конденсаторов и дросселя частота колебания электромагнитного поля была усилена. При равенстве величины индуктивного и емкостного сопротивления в электрической цепи возникает резонанс. Метод электрического резонанса позволил получить резкое увеличение силы тока при меньшем напряжении. При оптимальном значении плотности тока 20 А/м качественную пропитку можно получить при напряжении 6–9 В вместо обычно используемого напряжения 36 В.

Исследования воздействий электрического поля на пропитываемую сваю позволили разработать новую конструкцию крышки ванны и ее закрепление на пропиточной емкости (рис. 2), превратив ее из пассивного конструктивного элемента в активный. Погруженная в

пропиточный состав, крышка ванны способствует равномерному распределению зарядов и распространению линий напряженности по всей поверхности сваи. Изменение конструкции ванны позволяет получить более равномерную пропитку по всей поверхности сваи.

Исследования электрофизических процессов, происходящих при пропитке, анализ длительных лабораторных и натурных испытаний позволили выявить этапы пропитки, и в частности ее активную фазу. Это позволило контролировать процесс пропитки каждой железобетонной конструкции в отдельности и исключить из активного процесса время, когда проникновение частиц полимера в тело бетона прекращается. Снижение времени пропитки с 15 до 8–10 мин повышает производительность и уменьшает энергозатраты процесса.

При измерении силы тока, протекающего в электрической цепи при пропитке, выявлено четыре этапа (рис. 3). Первый этап – повышение силы тока, характеризующее активный процесс пропитки и перенос заряженных частиц латекса в тело бетона; второй – равновесно-динамическое состояние, наступившее по окончании процесса активной пропитки, когда заряженные частицы латекса находятся в свободном состоянии; третий – снижение силы тока, вызванное увеличением активного сопротивления сваи вследствие коагуляции латекса и образования пленки при переходе электрической энергии в тепловую; на четвертом этапе сила тока не изменяется, так как активное сопротивление сваи становится максимальным и в дальнейшем не меняет своего значения.

Измерением величины силы тока амперметром можно определить прекращение активной фазы пропитки сваи.

Для определения глубины пропитки бетона был разработан экспресс-метод. В основе разработанного ме-

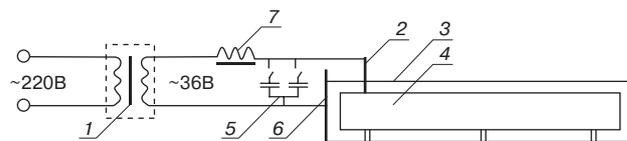


Рис. 1. Схема пропитки: 1 – понижающий трансформатор; 2 – вывод арматуры сваи; 3 – пропиточный состав; 4 – свая; 5 – батарея конденсаторов; 6 – пропиточная ванна; 7 – дроссель

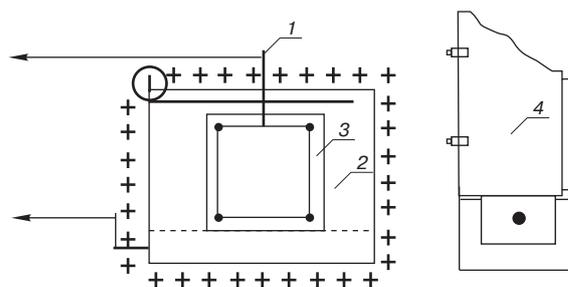


Рис. 2. Конструкция пропиточной ванны с крышкой и распределение зарядов: 1 – вывод арматуры сваи; 2 – пропиточный состав; 3 – свая; 4 – крышка

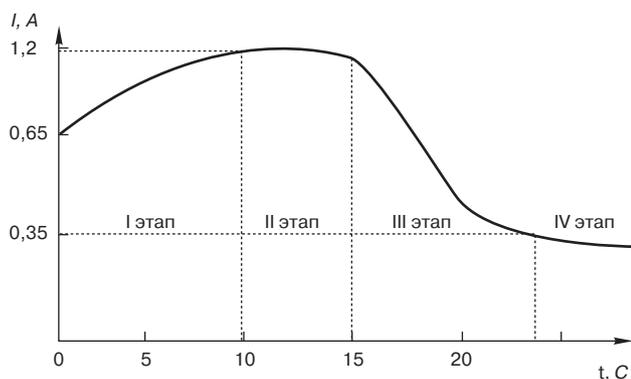


Рис. 3. Основные этапы пропитки

тогда лежит зависимость емкостного сопротивления бетона от проницаемости среды.

С помощью изготовленной измерительной головки прибора, состоящей из двух пластин, имеющих постоянное расстояние между собой, определяли емкостное сопротивление бетона, которое пропорционально диэлектрической проницаемости измеряемого образца.

Обкладками условного конденсатора являются арматура сваи и ванна с пропиточным составом, между которыми помещен диэлектрик — бетон. Бетон обладает незначительной электропроводностью. Латекс, проникая в тело бетона и отверждаясь, уменьшает электропроводность бетона и увеличивает его диэлектрические свойства.

Для оценки электропроводности бетона в условиях водонасыщения использовали образцы со сферической симметрией с последующей обработкой результатов измерений путем численного решения нелинейных уравнений относительно параметров модели на ЭВМ.

Удельная проводимость γ является важным показателем для определения характеристик электропроводности бетонных изделий. При контроле удельной проводимости бетона обычно используются образцы в форме куба с ребром $d=10$ см. Однако при измерении сопротивления Z_0 между противоположными гранями образца расчет величины γ легко осуществляется лишь в изотропном случае при $\gamma(x,y,z) = \gamma_0 = \text{const}$.

На практике при определении электропроводности бетона при различной степени водонасыщения (влажности) довольно сложно обеспечить однородную влажность образца за ограниченное время, что приводит к ошибкам при измерении γ , поскольку проводимость глубинных слоев оказывается ниже, чем поверхностных.

Использование средств вычислительной техники при обработке результатов измерений позволяет обеспечить точность измерений. Эквипотенциальность контактных поверхностей достигается путем использования образца со сферической симметрией и погружением его на время измерения в жидкую токопроводящую среду (раствор электролита). Образец сферической формы R может быть изготовлен в форме бетонного цилиндра с токопроводящей сферой радиуса r ($r < R$). В случае изотропной структуры бетона неоднородность водонасыщения также имеет сферическую симметрию.

Интегрируя объемную плотность тока $J(x,y,z)$ по сферической поверхности $S=4\pi r^2$ радиуса ρ ($r < \rho < R$), получим электрический ток I_0 , протекающий через бетонный образец.

В качестве модели зависимости $y(\rho)$ естественно использовать экспоненциальную аппроксимацию проводимости со сферической симметрией.

Следует заметить, что при измерениях на нескольких образцах с различными параметрами r_1 можно повысить точность определения.

Для повышения долговечности не только свай, но и ростверков разработан новый класс защитных покрытий на основе водных дисперсий полимеров ВДВХМк-65Е-ВДК.

В результате комплекса исследований пленкообразующих свойств композиций, структуры пленочных покрытий, адгезионных и когезионных свойств покрытий, их гидроизоляционной и коррозионной стойкости получены различные композиционные защитные составы МГЛ-1Г; МГЛ-2Г; МГЛ-3Г; МГЛ-1П; МГЛ-2П, обладающие высокой стойкостью в эксплуатационных средах.

Для комплексной защиты системы свая—ростверк—полы исследованы и разработаны полимерцементные бетоны и растворы, модифицированные водными дисперсиями полимеров винилового ряда повышенной морозо- и коррозионной стойкости.

Установленная коррозионная стойкость модифицированных растворов и бетонов в кислотных и агрессивных солевых средах позволяет уже на стадии проектирования антикоррозионной защиты прогнозировать сроки их службы.

Предложенные способы, технологии и материалы могут быть эффективно использованы при выполнении антикоррозионной защиты значительного количества бетонных и железобетонных конструкций и изделий, эксплуатирующихся в сильноагрессивных средах.

Определена технико-экономическая целесообразность производства и применения материалов для комплексной защиты изделий и конструкций от коррозии. Экономическая эффективность бетона (в расчете на 1 м^3) по сравнению с эпоксидным покрытием, акриловым латексом, химстойкой краской, соответственно составила: при пропитке — 4018 р., при нанесении покрытий — 770 р., при использовании модифицированного бетона — 1446 р.

www.krasfair.ru



РОССИЙСКИЙ СОЮЗ ВЫСТАВОК И ЯРМАРОК
КРАСНОЯРСКАЯ ЯРМАРКА
ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ



22-25 января 2008

Красноярск 2008

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

16-я специализированная выставка строительных и архитектурных проектов, новых технологий и оборудования в строительстве, строительных и отделочных материалов

В программе:
ОРДЕР ВОПЛОЩЕНИЯ
ежегодный конкурс архитектурных проектов

Информационная поддержка:







Место проведения:
г. Красноярск, ул. Авиаторов, 19,
МВДЦ «Сибирь», ВК «Красноярская ярмарка»
тел./факс: (3912) 36-24-25, 36-24-50, 36-24-08
zarubin@krasfair.ru

В.Т. ЕРОФЕЕВ, д-р техн. наук, член-корр. РААСН, Е.А. МИТИНА, канд. техн. наук, А.А. МАТВИЕВСКИЙ, генеральный директор ЗАО «МАКСМИР»; А.К. ОСИПОВ, канд. хим. наук, Д.В. ЕМЕЛЬЯНОВ, П.В. ЮДИН, инженеры, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева (Саранск)

Композиционные строительные материалы на активированной воде затворения

В современных условиях одним из самых широко используемых материалов является бетон на основе цементного вяжущего. В этой связи разработка эффективных композиционных материалов и изделий на его основе, обеспечивающих улучшение эксплуатационных показателей и снижение цементоемкости, является важной задачей в области строительного материаловедения.

В настоящее время существует широкий спектр технологических приемов, позволяющих целенаправленно регулировать структуру и свойства цементных композитов, одним из которых является активация воды затворения. Эффективность обработки воды возрастает при сочетании ее с другими технологическими приемами — применением для омагничивания деаэрированной воды; омагничиванием совместно с электрическим током и т. д. [1–3].

Попытки внедрения данных способов активации воды с помощью модельных активаторов в технологию бетонов часто приводили к неоднозначным результатам. В настоящее время выпускаются различные установки для водоподготовки, относящиеся к электромагнитно-волновым аппаратам на постоянном токе. Были проведены исследования в лабораторных и производственных условиях с применением в техноло-

гии приготовления бетонов аппарата для магнитной водоподготовки УПОВС-1 «Максмир» и электроактивации воды АЭ-1,0/6 «Максмир».

Установка УПОВС-1 «Максмир» представляет собой многокамерный электромагнитно-волновой аппарат на постоянном токе. Общая протяженность всех его рабочих зазоров, по которым движется вода, достигает нескольких метров. На всем этом протяжении вода подвергается непрерывному регулируемому воздействию магнитного поля различной напряженности с чередующимися по направлению векторами магнитной индукции, электрического поля, а также электромагнитных волн.

В поле обрабатывали питьевую водопроводную воду. Обработку проводили по четырем режимам: вода обрабатывалась только магнитным аппаратом (М); аппаратом электроактивации с силой тока 1, 3 и 5 А Э1А, Э3А, Э5А; вода сначала обрабатывалась магнитным аппаратом, затем аппаратом электроактивации М+Э1А, М+Э3А, М+Э5А; вода сначала обрабатывалась аппаратом электроактивации, затем магнитным аппаратом Э1А+М, Э3А+М, Э5А+М.

На первом этапе были проведены исследования структуры и свойств активированной воды за-

творения. На величину показателей жесткости и рН большое влияние оказывает характер воздействия полей. При обработке воды только магнитным или электрическим полем происходит повышение рН и уменьшение жесткости. При совместном воздействии важное значение имеет очередность воздействия полей: если в начале обработка осуществляется электрическим полем, а затем магнитным, происходит снижение рН воды, при обратной очередности — ее повышение.

Было изучено структурообразование и физико-механические свойства цементных композиционных материалов, приготовленных на активированной воде затворения.

С целью установления структурных изменений проведены рентгеноструктурные исследования на дифрактометре «ДРОН-6». Идентификацию фаз производили по наиболее интенсивным линиям рентгенограмм. В качестве контрольного образца рассматривался цементный камень на основе портландцемента ПЦ500 и водопроводной воды. Режимы активации были приняты описанные ранее. Снятие рентгенограмм производилось через 1, 7, 14 и 28 сут твердения образцов. Анализ полученных результатов показал, что характерной особенностью для составов на активированной воде за-

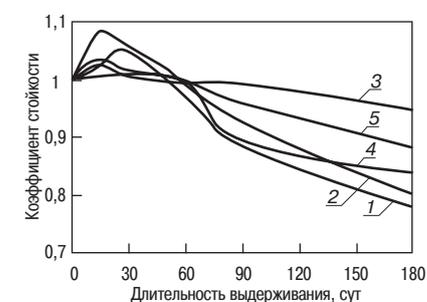
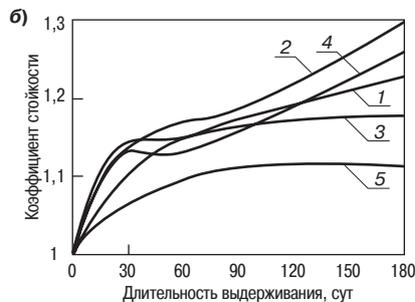
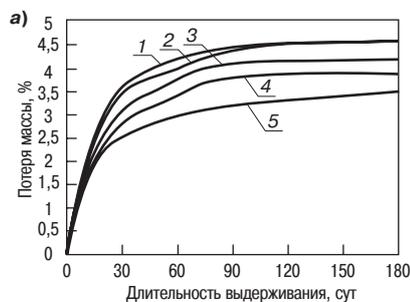


Рис. 1. Зависимость потери массы (а) и коэффициента стойкости (б) цементных композитов от длительности выдерживания в воде и типа активации: 1 – обычная вода; 2 – вода, обработанная магнитным полем (М); 3 – вода, обработанная электрическим полем (Э1А); 4 – вода, обработанная совместным действием электрического и магнитного полей (Э1А+М); 5 – вода, обработанная совместным действием магнитного и электрического поля (М+Э1А)

Рис. 2. Зависимость коэффициента стойкости композитов от длительности выдерживания в 2% растворе H_2SO_4 : 1–5 – то же, что и на рис. 1

Таблица 1

Вид активации	Шифр воды	Сроки схватывания	
		начало	конец
Раздельная активация магнитным и электрическим полями	Неактивированная вода	4 ч 36 мин	6 ч 33 мин
	М	4 ч 15 мин	6 ч 35 мин
	Э1А	4 ч 10 мин	6 ч 42 мин
	Э3А	4 ч 55 мин	7 ч 14 мин
	Э5А	4 ч 46 мин	6 ч 50 мин
Совместная активация	Неактивированная вода	4 ч 36 мин	6 ч 33 мин
	М+Э1А	4 ч 17 мин	6 ч 32 мин
	Э1А+М	4 ч 00 мин	6 ч 50 мин
Совместная активация с применением суперпластификатора	Неактивированная вода	7 ч 00 мин	10 ч 05 мин
	М	6 ч 20 мин	9 ч 00 мин
	Э1А	6 ч 12 мин	9 ч 02 мин
	Э3А	6 ч 19 мин	9 ч 21 мин
	Э5А	5 ч 43 мин	9 ч 18 мин

творения является увеличение интенсивности линий C_2S (3,04 и 1,88 Å) и уменьшение количества C_3S (1,76 Å) в течение 1–14 сут по сравнению с контрольным. Данные выводы подтверждены сравнительными показателями начала схватывания составов на активированной воде и контрольных образцов (табл. 1).

При приготовлении растворных и бетонных смесей в качестве вяжущего применяли портландцемент ПЦ500, пластификатор СП-3; в качестве крупного заполнителя – гранитный щебень фракции 5–20 мм Сибайского карьера, мелкого – песок ЗАО «Балашейские пески» с модулем крупности 1,49. Образцы отверждались в течение суток в нормальных температурно-влажностных условиях, а затем в условиях термовлажностной обработки при температуре 86°C с режимом прогрева 1,5+6+1,5 ч.

Исследование свойств растворных смесей проводили на образцах-балочках размером 4×4×16 см. Состав растворных смесей был принят 1:2. Было изготовлено две серии образцов: первая – бездобавочная, а вторая – с добавкой пластификатора СП-3 в количестве 0,6% от массы цемента. Водоцементное отношение в составах было для бездобавочного – 0,6; с добавкой – 0,47. Контролируемыми параметрами служили подвижность растворных смесей и прочность при растяжении при изгибе и сжатии.

Проведенные исследования показали, что активированная вода позволяет увеличивать подвижность растворных смесей. Были изготовлены равноподвижные растворные сме-

Таблица 2

Вода	В/Ц	Предел прочности, МПа	
		при изгибе	при сжатии
Неактивированная вода	0,6	2,62	8,4
М	0,53	3,21	10,1
Э1А	0,57	2,34	7,1
М+Э1А	0,54	4,25	12,9
Э1А+М	0,59	3,23	9,6

си с постоянной осадкой конуса 8 см, водоцементное отношение подбиралось из условия обеспечения данной подвижности смеси. Проведенные исследования показали, что лучшие результаты были получены при обработке воды электрическим током с силой тока 1 А и магнитным полем. Прочность растворных смесей при применении активированной воды затворения можно повысить на 13–20% (табл. 2).

Прочность тяжелых бетонов определяли на образцах-кубах с размером ребра 10 см. Результаты проведенных исследований показали, что активированная вода затворения позволяет увеличивать прочность бетонов на 10–18% (рис 1).

Для изучения долговечности в качестве агрессивных сред рассматривали воду питьевую водопроводную и 2% раствор H_2SO_4 . Стойкость составов в данных средах оценивали по изменению массы и предела прочности при сжатии по сравнению с исходными.

Из полученных данных можно заключить, что наилучшие результаты характерны для композитов на

воде затворения, обработанной магнитным полем, а также совместным воздействием магнитного и электрического полей (рис. 1).

Графические зависимости изменения коэффициента стойкости композитов на активированной воде затворения при выдерживании в 2% растворе H_2SO_4 приведены на рис. 2.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность получения материалов на активированной воде затворения с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными показателями.

Список литературы

1. *Классен В.И.* Вода и магнит. М.: Наука, 1973. 112 с.
2. *Помазкин В.А., Макаева А.А.* Магнитно-активированная вода в строительных технологиях // Вестник ОГУ. 2000. № 1. С. 109–114.
3. *Афанасьева В.Ф.* Магнитная обработка воды при производстве сборного железобетона // Бетон и железобетон. 1993. № 11. С. 5–6.

В.И. КАСАТКИНА, инженер, С.В. ФЕДОСОВ, член-корр. РААСН, д-р техн.наук,
М.В. АКУЛОВА, д-р техн. наук,
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

Влияние механомагнитной активации водных систем на свойства бетона

Одной из важнейших задач, стоящих перед промышленностью строительных материалов, является разработка и внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий.

Известно [1–3], что изменением структуры водных систем можно регулировать их физико-химические свойства. От степени структурированности воды зависит ее диамагнитная восприимчивость, что, в свою очередь, влияет на смачиваемость минералов. Так, более структурированная свежетакая вода хуже смачивает кварц, чем обычная, менее структурированная. Нарушение связей между молекулами воды при ее высокоскоростной обработке приводит к улучшению смачивания кварца и других минералов. При затворении бетонной смеси реструктурированной водой происходят аналогичные процессы, и вода связывается с минералами, входящими в состав мелкого и крупного заполнителей. Это является одной из причин высокой подвижности бетонной смеси, затворенной водой, обработанной в механомагнитном активаторе.

Ниже приведены результаты проведенных исследований влияния на свойства бетона высокоскоростной механоимпульсной активации в аппаратах роторно-кавитационного типа при одновременном воздействии магнитного поля определенной напряженности водных систем (раствора, суспензии, дисперсии), выполненной непосредственно перед затворением бетонной смеси.

Было установлено, что после обработки в механомагнитном активаторе при различных режимах в течение 1–5 мин при частоте вращения ротора 2500–5600 мин⁻¹ и напряженности магнитного поля 140 кА/м происходит увеличение рН и электрической проводимости воды.

Далее исследовали влияния механомагнитной активации воды на гидратацию цемента и свойства цементного композита.

При изучении текстуры цементного камня методом ртутной порометрии были зафиксированы различия между образцами цементного камня при затворении на обычной воде и образцами, затворенными водой, прошедшей механомагнитную активацию. Механомагнитная активация воды затворения существенно меняет характер пористой структуры цементного камня. При сохранении примерно одинакового общего объема пор наблюдается снижение доли крупных пор за счет формирования мезопор. Такое перераспределение характера пор является одной из причин повышения прочности цементного камня.

Исследовали влияние на гидратацию цемента и твердение бетона реструктурированных водных систем, прошедших обработку в механомагнитном активаторе, – растворов, дисперсий, суспензий – с индивидуальными и комплексными добавками. В частности, опробовали нерастворимую в воде добавку – оксид железа и плохо растворимую в воде гашеную известь. Активация позволяет получать однородные устойчивые высокодисперсные водные системы.

Ниже приводятся результаты исследования влияния на свойства бетона затворения водным раствором суперпластификатора С-3, прошедшим обработку в механомагнитном активаторе.

В экспериментах использовали портландцемент ПЦ400Д0 ОАО «Белгородский цемент»; кварцевый песок карьера «Хромцовский» (Ивановская обл), М_{кр} 1,5–2,8; щебень из того же карьера фракций 5–20 мм; воду.

Исследовали составы смесей для бетона класса В20 с неизменным водоцементным отношением (В/Ц=0,4), включающих цемент (450 кг/м³), песок (516 кг/м³), щебень (1320 кг/м³) и водный раствор С-3 различной концентрации (см. таблицу).

Параметры	№ состава						
	1	2	3	4	5	6	7
Дозировка С-3, % от массы цемента	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	1,5
Продолжительность обработки, мин	2	2	5	2	1	–	–
Скорость вращения ротора активатора, мин ⁻¹	1500	2500	5600	5600	5600	–	–
Напряженность магнитного поля, кА/м	140	140	140	140	140	–	–
Осадка конуса (ОК), см	6	7	7	6	10	4	8
Прочность при сжатии в возрасте 28 сут, МПа	35,8	37,4	38,7	40,8	42,4	25,9	32,5
Прочность при изгибе в возрасте 28 сут, МПа	4,8	5,1	5,3	5,6	5,9	4	4,3
Марка бетона по водонепроницаемости	5	5	5	7	8	4	4
Марка бетона по морозостойкости	150	150	100	200	300	100	100

Водные системы, используемые для затворения бетонной смеси, подвергали механомагнитной активации по режиму: частота вращения ротора 1500–5600 мин⁻¹; напряженность магнитного поля 140 кА/м; продолжительность активации 1–5 мин.

При приготовлении бетона исходные материалы бетонной смеси портландцемент и заполнители дозировали по массе, загружали в смеситель принудительного действия и тщательно перемешивали. Воду с добавкой С-3 предварительно заливали в механомагнитный активатор и после активации использовали для затворения материалов в смесителе.

В таблице приведены свойства бетона, приготовленного с использованием водных растворов суперпластификатора С-3, прошедших механомагнитную активацию при различных режимах, и бетона, полученного традиционным способом без применения активации с использованием той же добавки, но в количестве 1,5% (согласно требованиям ТУ 6–36–0204229–635 «Суперпластификатор С-3»).

Из данных таблицы следует, что лучшие результаты достигаются при режиме активации водного раствора с добавкой С-3 в количестве 0,008% массы цемента при частоте вращения ротора 5600 мин⁻¹ в течение 1 мин и при постоянном (140 кА/м) воздействии напряженности магнитного поля.

По сравнению с бетоном, приготовленным по традиционной технологии при дозировке С-3 1,5%, механомагнитная активация воды затворения обеспечивает увеличение величины осадки конуса (ОК) до 25%, что свидетельствует об увеличении пластичности бетонной смеси; увеличение предела прочности бетона при сжатии на 30, а при изгибе на 37%; увеличение водонепроницаемости бетона в 2 раза; увеличение морозостойкости бетона на 200 циклов попеременного замораживания-оттаивания.

По сравнению с бетонным образцом, изготовленным при введении 0,008% С-3, но затворенным водой, не прошедшей активацию, эти показатели существенно выше.

Таким образом, наилучшие качественные показатели бетона достигаются при частоте вращения ротора активатора 5600 мин⁻¹ и продолжительности активации 1 мин при воздействии магнитного поля напряженностью 140 кА/м.

При механомагнитной активации воды расход суперпластификатора С-3 уменьшается более чем в 180 раз по сравнению с допустимым расходом, регламентируемым действующими техническими условиями. Однако при увеличении продолжительности активации до 5 мин наблюдается ухудшение свойств бетона; повышается усадка, наблюдается расслоение смеси и сильное водоотделение, быстрая потеря подвижности; фиксируется замедление процессов твердения.

С учетом результатов исследований разработан технологический регламент изготовления модифицированного бетона с применением механомагнитной активации водных систем с суперпластификатором С-3.

Список литературы:

1. Перельгин И.С., Кимтис Л.Л., Чижик В.И. Экспериментальные методы химии растворов: спектрометрия и калориметрия. М.: Наука, 1995. 380 с.
2. Лазаренко Л.Н., Резниченко И.П. Магнитная обработка воды в производстве бетона // Строительные материалы и конструкции. 1987. № 4. С. 34–35.
3. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах. Л.: Химия, 1984. 336 с.
4. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1978. 238 с.
5. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1983. 335 с.

Компания "ВНИР"

Компания "ВНИР" поставляет оборудование для промышленных лабораторий различного профиля:



Строительные лаборатории
Дорожно-строительные лаборатории
Мостостроительные лаборатории
Лаборатории неразрушающего качества
Материаловедческие и металлографические лаборатории
Лаборатории механических, температурных и климатических испытаний
Спектральные и химические лаборатории
Оборудование для механических испытаний



Твердомеры
Оборудование для климатических испытаний
Оборудование для температурных испытаний
Приборы для испытания цемента, бетонных смесей
Приборы для испытания бетонных и железобетонных конструкций



Испытание лакокрасочных материалов
Весовое оборудование
Приборы неразрушающего контроля качества
Приборы для измерения температуры и влажности
Геодезическое оборудование
Приборы для испытания грунтов.
Приборы для испытания битумов



Приборы для испытания битумов
Приборы для испытания заполнителей
Приборы для испытания асфальтобетона
Приборы для контроля параметров автомобильных и железных дорог
Оборудование для выбуривания кернов



Комплексные передвижные лаборатории



Отдел продаж: тел./факс +7 (495) 735-6531, 437-9800, 430-0428, 437-2274
Отдел сервиса и метрологического сопровождения: тел./факс +7 (495) 437-5110
Адрес: 119361 г. Москва, ул. Озерная, д.44
Internet: www.vniir.ru E-mail: vniir@aha.ru
Режим работы: с 9:30 до 18:00, выходные - сб, вскр.
Условия работы: 100% предоплата, отгрузка со склада в Москве.

СТРОИТЕЛЬНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Реклама

Д.С. ЗЕЛЕНКОВ, инженер,
 Н.А. ПОЛУХИНА, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, НПФ «Альфа-Газблок»;
 В.В. ПОДТЕЛКОВ, канд. техн. наук,
 Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар)

Получение поризованных бетонов на тяжелых заполнителях

Легкие бетоны традиционно получают путем использования пористых заполнителей. Кроме того, применяют дополнительно поризацию растворной составляющей бетонной смеси. Для поризации используют приемы, известные в практике получения пено- и газобетонов. Поризованные и ячеистые бетоны широко применяются в строительной индустрии, а вопросам совершенствования технологических процессов и оптимизации их свойств уделяется большое внимание. Связано это с качеством материала; низкая средняя плотность, высокие тепло- и звукозащитные свойства, долговечность, пожарная и экологическая безопасность — комплексом таких свойств не обладает никакой другой строительный материал.

Специалистами ВНИИКрнефть (Краснодар) и Краснодарского политехнического института разработаны комплексные добавки химических газообразователей (ХГО) [1, 2], представляющие собой двухкомпонентные смеси. Компоненты ХГО недефицитны, выпускаются отечественными предприятиями для различных отраслей промышленности, но не имеют как продукция целевого назначения порообразующих или газогенерирующих добавок в бетоны. ХГО обеспечивают получение тонкодисперсной структуры поризованных растворов любой плотности и способствуют сохранению внутриспорового давления на стадии превращения растворной смеси в камень. Это обеспечивает снижение показателей усадки при высыхании и повышение трещиностойкости ячеистого бетона.

Практика применения этих добавок на ряде предприятий, в том числе и научно-производственной фирмы «Альфа-Газблок», подтверждает, что газобетон имеет однородную структуру даже в том случае, если в используемом песке присутствуют включения гравия, т. е. тяжелый заполнитель остается во взвешенном состоянии в структуре растворной смеси и готового изделия на любой его высоте. Это позволило предположить, что внутриспоровое давление является препятствием для оседания тяжелой фракции заполнителя, следовательно, может обеспечить псевдооднородную структуру бетона и в случае поризации растворной составляющей тяжелой бетонной смеси.

С целью снижения материалоемкости бетонов, расширения возможностей получения и применения новых строительных материалов на основе местного сырья, а также снижения себестоимости продукции бы-

ла изучена возможность применения ХГО для производства поризованных бетонов на тяжелых заполнителях.

В работе использовали следующие материалы: вяжущее ПЦ500Д0 производства ЗАО «Новоросцемент», местные заполнители — песок речной кубанский (модуль крупности 1,0), щебень карьера «Белдорнеруд» фракции 5–20 мм. Используемые материалы по контролируемым показателям качества удовлетворяют требованиям соответствующих нормативных документов. В качестве стабилизатора газовой дисперсии использовали поверхностно-активное вещество ПО-ПБ-7 (ТУ 0258-001-57548485—2003, производитель ООО НПКФ «Югэконафт», Краснодар).

В качестве поризуемых смесей были выбраны составы раствора М350, бетона М350 и М100, подобранные по ГОСТ 27006–86 при одинаковой подвижности. Состав смесей представлен в таблице.

Количество воды, ХГО и ПО-ПБ-7, при которых достигаются оптимальные свойства исследуемых систем, подбирали в соответствии с общепринятыми правилами подбора рецептур и добавок [3]. Добавки вводили в исследуемую смесь заданного состава в процессе затворения. Смесь вымешивали в течение 2 мин — времени, достаточного для полного газовыделения и оптимальной поризации смеси. Затем определяли ее плотность по методике, предусмотренной ГОСТ 10181–2000, ГОСТ 5802–86. Из этой смеси формовали образцы-кубы размером 100×100×100 мм для определения плотности и прочности при сжатии по методикам, отраженным в ГОСТ 12730.1–78, ГОСТ 10180–90.

Результаты исследования зависимости плотности поризованных смесей от количества порообразующей добавки ХГО приведены на рис. 1. Приведенные данные показывают, что характер влияния порообразователя на плотность бетонных и растворных смесей одинаков. При этом плотность поризованных смесей зависит от количества ХГО и плотности контрольных составов, не содержащих поризующих добавок ХГО.

По мере уменьшения плотности бетона и раствора, как и следовало ожидать, их прочность падает. При плотности 1300 кг/м³ прочность поризованных бетонов существенно не зависит от прочности контрольного состава. Прочность раствора выше, чем у бетонов при равных значениях их плотности, что обусловлено более высоким содержанием цемента в растворных составах (рис. 2).

Марка смеси	Содержание компонентов на 1 м ³ смеси, кг			
	Цемент	Песок	Щебень	Вода
Бетон М350 (ПЗ)	520	469	1257	260
Бетон М100 (ПЗ)	236	580	1340	257
Раствор М350	800	800	–	480

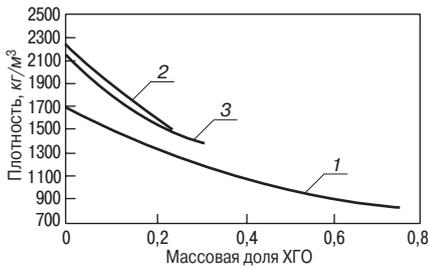


Рис. 1. Влияние добавки ХГО на плотность раствора М350 (1), бетонов М350 (2) и М100 (3)

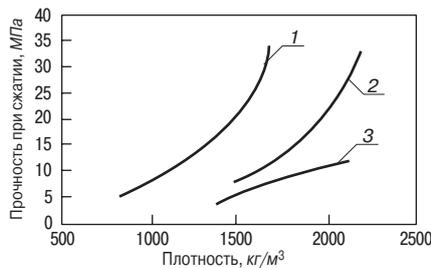


Рис. 2. Влияние плотности поризованного раствора М350 (1), бетонов М350 (2) и М100 (3) на прочность при сжатии

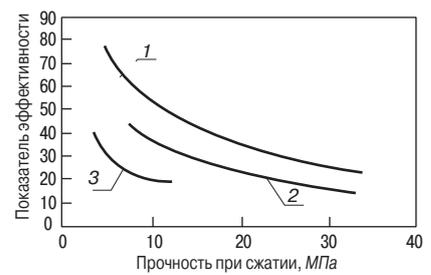


Рис. 3. Показатели эффективности составов поризованного раствора М350 (1) и бетонов М350 (2) и М100 (3)

Для оценки эффективности и целесообразности применения тех или иных составов и добавок используют показатель эффективности (P_3), представляющий собой отношение количества цемента ($кг/м^3$) состава к прочности (МПа) получаемого материала. Значения P_3 контрольных составов раствора М350 – 23,3, бетона М350 – 15,3, бетона М100 – 19,3. На рис. 3 приведены значения P_3 поризованных материалов в зависимости от получаемой марки по прочности при сжатии. Анализ полученных результатов показывает, что для получения поризованного бетона М100–М300 (кривая 2) необходимо в 1,5 раза меньше дорогостоящего и дефицитного материала – цемента, чем для получения поризованного раствора той же прочности (кривая 1). Для менее прочного поризованного бетона, например М75, может быть использован контрольный состав, соответствующий М100; в этом случае (кривая 3) расход цемента будет в 2,5 раза меньше, чем в случае применения поризованного раствора той же прочности, и в 2 раза меньше, чем при использовании контрольного состава бетона М350.

Измерение плотности и изучение структуры поризованных смесей показали, что при условии использования оптимального количества воды, ХГО и ПО-ПБ-7 структура поризованного бетона однородная с равномерным распределением всех составляющих, в том числе щебня, по всему исследуемому объему и высоте формируемых изделий.

Проведенные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

Путем использования комплексных добавок ХГО и ПО-ПБ-7 можно модифицировать тяжелые бетоны в легкие поризованные, способные удовлетворить требованиям ГОСТ 25820–2000, предъявляемым по плотности и прочности к бетонам конструкционно-теплоизоляционного назначения.

Варьируя контрольные составы по прочности и изменяя плотность поризованной смеси, можно подобрать наиболее экономичный состав, удовлетворяющий конкретным требованиям по их применению.

Поризация тяжелых бетонов является перспективным направлением модификации бетонов, позволяющим достигнуть свойства легких и ячеистых бетонов при использовании доступных и относительно дешевых сырьевых компонентов.

Список литературы

1. Дулаев В.Х.-И., Петреску В.И., Полухина Н.А., Черных В.Ф. Применение газонаполненных систем при строительстве нефтегазовых скважин и в домостроении // Строит. материалы. 1991. № 5. С. 26.
2. Черных В.Ф., Чалая Е.В., Полухина Н.А. Неавтоклавный ячеистый бетон с комплексной газообразующей добавкой // Строит. материалы. 1990. № 6. С. 23.
3. Руководство по применению химических добавок в бетоне. НИИЖБ Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1981.

**ООО НПФ «Альфа-Газблок»
предлагает технологию поризованных бетонов
неавтоклавного твердения**

Научно-производственная фирма «Альфа-Газблок» предлагает разработку полного пакета технологической документации на производство поризованных бетонов неавтоклавного твердения по нетрадиционной технологии (без применения алюминиевой пудры), основанной на применении запатентованных технических средств.

Особенности технологии:

- поризация растворной смеси осуществляется газообразующей добавкой;
- обеспечивается марка бетона в диапазоне Д300–Д2000 при соответствии контролируемых показателей свойств требованиям нормативных документов;
- получение качественных изделий при температуре 10–40 °С без дополнительных технологических приемов и изменения рецептурного состава;
- обеспечивается однородная, тонкодисперсная структура камня, пониженное водопоглощение, повышенные трещино- и морозостойкость изделия;
- технология может быть реализована в стационарном и мобильном исполнении.

Данная технология успешно применяется рядом отечественных и зарубежных фирм на протяжении 15 лет!

**350001, г. Краснодар, ул. Вишняковой, 1/10, тел.: (861) 211-22-24, факс: (861) 267-59-09
e-mail: Alfa-Gazblock@mail.ru**

А.Ю. ПАНИЧЕВ, канд. техн. наук, Г.Г. ПАНИЧЕВА, А.Н. ГНЕЗДИЛОВ,
И.А. КОЛЕСНИЧЕНКО, А.В. РЕТУНСКИЙ, инженеры, НГАСУ (Сибстрин)

Применение пеносиликата из мартеновского шлака в строительных материалах

В настоящее время актуальной проблемой является создание безотходных экологически чистых производств с замкнутым циклом. Особенно хорошо внедряются те разработки, которые легко встраиваются в уже существующие технологические схемы и обеспечивают высокую степень извлечения ценных компонентов из отходов, получаемых в процессе производства, ранее не востребованных и складываемых в отвалах.

Одной из таких разработок, созданной СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН, является технология получения искусственного пористого материала – пеносиликата путем вспенивания в воде обезжелезненной силикатной массы расплава мартеновского шлака [1].

Одним из перспективных направлений использования пеносиликата является применение его в производстве строительных материалов [2]. Низкая насыпная плотность и теплопроводность, достаточная прочность при сжатии и стабильность создают предпосылки для использования пеносиликата в качестве легкого заполнителя при производ-

стве стеновых материалов и изделий. Кроме того, он может использоваться в качестве теплоизоляционных засыпок, при этом температура изолируемых поверхностей может достигать 900°C. До этой температуры материал не претерпевает серьезных физико-химических изменений [3].

Объектами исследования и дальнейшего внедрения были выбраны следующие направления:

- безобжиговый кирпич;
- стеновые блоки из легкого бетона;
- безавтоклавный газобетон.

Для проработки технологий производства исследованы основные физико-технические свойства пеносиликата и отработаны режимы получения строительных изделий на его основе. Очевидно, что физико-механические свойства пеносиликата зависят от его вещественного, химического и гранулометрического состава (табл. 1 и рисунок).

Результаты исследований структурных особенностей материала прецизионными методами (ЯГР-, ЯМР-,

Таблица 1

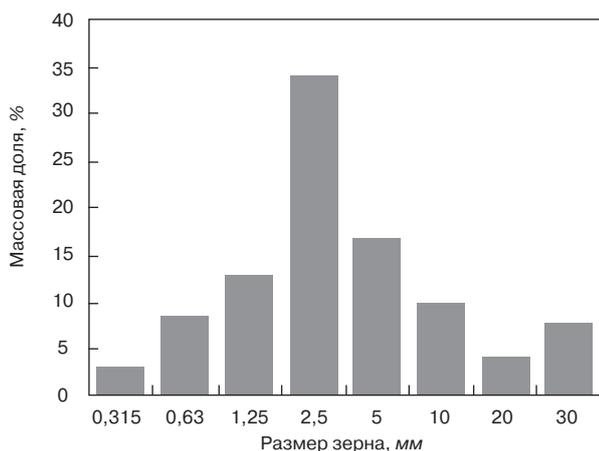
Содержание оксидов, %									
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
42,27	0,46	8,25	0,2	1,43	15,26	30,1	0,5	0,44	0,03

Таблица 2

Состав			Свойства		
Пеносиликат, %	Портландцемент, %	Пеносиликат+гипс, %	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %
80	20	–	1400	11,69	25,61
80	10	10	1420	8,66	26,71
80	5	15	1420	7,61	26,83

Таблица 3

Состав			Свойства			
Пеносиликат-бетон						
Пеносиликат, %	Портландцемент, %	Пеносиликат+гипс, %	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	Теплопроводность, Вт/(м·К)
20	5	15	1150	4,65	35	0,19
20	20	0	1060	3,53	32	0,232
Газобетон						
16,87	33,73	–	780	1,11	62	0,136
20	40	–	940	2,16	55	0,187
14	45	–	770	1,18	48	0,138



Гранулометрический состав пеносиликата

ЭПР-, ИК-спектроскопия, рентгенофазовый и дериватографический анализы) показывают, что пеносиликат представляет собой аморфную среду, содержащую некоторое количество кристаллической фазы, не регистрируемой рентгеновским методом. Основной структурной единицей материала являются кремне- и алюмоокислородные тетраэдры [4].

Физико-механические свойства пеносиликата

Насыпная плотность, кг/м ³	75–250
Прочность при сжатии, МПа	0,05–0,6
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,023–0,049
Морозостойкость	15 циклов
Влажность, не более, %	2

В работе проведены исследования с целью определения режимов получения безобжигового кирпича. В качестве связующего использовался портландцемент марки 400. В качестве заполнителя — пеносиликат фракции 0–3 мм, обладающий достаточно высокими прочностными и теплоизоляционными свойствами. В целях проверки вяжущих свойств пеносиликата и возможности экономии цемента исследовалось влияние добавок в шихту на прочность получаемого изделия. В качестве добавки использовалась смесь строительного гипса марки Г-2 и пеносиликата в соотношении 0,5:1 (по массе), полученная в результате совместного помола в шаровой мельнице. Тонкость помола с остатком на сите 008 менее 15%. Давление прессования 10 МПа, выдержка 1 мин. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. Применение портландцемента в качестве связующего позволяет получить безобжиговый кирпич с прочностью при сжатии около 11,7 МПа, что соответствует кирпичу марки 100. Добавление молотого пеносиликата с гипсом позволяет экономить цемент (до 75%), снижая прочность на 35 %. Марка кирпича по прочности при этом снижается со 100 до 75.

По средней плотности полученный безобжиговый кирпич можно классифицировать как облегченный, а по теплотехническим показателям — условно-эффективный.

Также исследован легкий материал на основе пеносиликата и бетона и безавтоклавного газобетона с пеносиликатом (табл. 3). В качестве легкого заполнителя для пеносиликат-бетона использовалась валовая проба пеносиликата, для газобетона — пеносиликат фракции 0–5 мм. Как и в случае получения безобжигового кирпича, так и для пеносиликат-бетона проверялась возможность экономии цемента и вяжущих свойств молотого пеносиликата с гипсом аналогичного состава и дисперсности. Для получения безавтоклавного газобетона использовалась традиционная технология.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения пеносиликата в качестве заполнителя при получении легкого бетона и безавтоклавного газобетона. Причем эффективность выше для легкого бетона, и возможна экономия цемента до 75% при использовании смешанного вяжущего на основе пеносиликата и гипса. В отличие от безобжигового кирпича прочность пеносиликат-бетона при введении добавки возрастает на 30%. Необходимо отметить так же, что при этом на 18% снижается коэффициент теплопроводности. Таким образом, появляется реальная предпосылка к использованию и внедрению пеносиликата в данных материалах и изделиях, которые позволяют существенно повысить тепло-энергосбережение ограждающих конструкций.

Список литературы

1. Павлов В.Ф. Физические основы технологии получения новых материалов с заданными свойствами на основе создания системы комплексного использования техногенного и нерудного сырья / Под ред. Шабанова В.Ф. Новосибирск: СО РАН, 2005. 196 с.
2. Павлов В.Ф., Шабанов В.Ф. Использование пеносиликата из золошлаковых отходов для производства безобжигового кирпича // Строит. материалы. 2001. № 7. С. 22–23.
3. Павлов В.Ф., Шабанов В.Ф. Особенности кривой нагрева пеносилката // Строит. материалы. 2002. № 11. С. 40–42.
4. Петраковская Э.А., Павлов В.Ф., Баюков О.А., Кухлевский О.П., Зеер Э.П. Изучение структурных особенностей стеклообразных и стеклокристаллических материалов, полученных на основе зол бурых углей // Физика и химия стекла. 1995. Т. 21. № 3. С. 299–304.

**Орган по сертификации продукции в строительстве
ОС «СИБСТРОЙСЕРТИФИКАЦИЯ»**

Аккредитован Федеральным Агентством по техническому регулированию и метрологии. Аттестат аккредитации № РОСС Ру.0001.11СТ80

Уполномочен проводить сертификацию промышленной продукции:

- материалов стеновых и перегородочных, отделочных и облицовочных
- минеральных вяжущих веществ
- бетонов, растворов строительных и их заполнителей
- материалов рулонных кровельных и гидроизоляционных
- герметизирующих и уплотняющих материалов
- теплоизоляционных и звукоизоляционных материалов и изделий
- дорожных материалов
- изделий асбестоцементных
- бетонных и железобетонных изделий и конструкций
- арматурных и закладных изделий для железобетонных конструкций
- металлических и деревянных конструкций и изделий
- стеклопакетов клееных строительного назначения
- блоков оконных и балконных дверных металлических, деревянных и деревоалюминиевых, из ПВХ-профилей
- ПВХ-профилей для оконных и дверных блоков

проектной продукции:

- проектной документации на вновь разработанные здания и сооружения для многократного применения

630008 Новосибирск, ул. Тургенева, 159, оф. 182
Тел./факс: (383) 266-38-90
e-mail: panichev@sibstrin.ru

УДК 691.2

В.М. ГОМЕНЮК, зам. ген. директора,
 Д.В. ЛАВРЕНИН, нач. департамента НИОКР;
 Н.А. МЕРКИН, первый зам. ген. директора,
 Б.В. ПИСАРЕВ, ген. директор, ООО «КОНТУР»;
 И.А. НЕКРАСОВА, зам. директора ООО «ВСК-электро» (Орел)

Новый минеральный конструкционно-теплоизоляционный материал КОНТУР

Ужесточение в 1995 г. требований к теплозащите зданий в 3,5 раза [1, 2] вызвало создание ряда новых проектных решений. В частности, при выполнении стен сборных и монолитных многоэтажных зданий широкое применение нашли трехслойные стеновые конструкции с использованием полимерных и волокнистых утеплителей. Такие конструкции обладают рядом недостатков и, прежде всего они относительно дороги и недолговечны. Выход — постепенный отказ от полимерных и волокнистых утеплителей и переход к новым легким, экономичным, энергоэффективным, экологичным, негорючим, долговечным и технологичным (далее ЛЭЭЭНДТ) строительным материалам, что позволит проектировать из них здания, отвечающие тем же требованиям [3].

Достойными представителями ЛЭЭЭНДТ-материалов являются пеностеклокерамические материалы, получаемые из кремнистых пород (трепелов, диатомитов, опок, спонголитов и др.). Кремнистые породы практически не вспучиваются, а температура их плавления достаточно высока. Однако в смеси со щелочью и водой они образуют силикатные массы, которые при температуре около 650°C и выше переходят в расплавы и вспучиваются. Вспученная масса после охлаждения дает пористый неорганический материал. Размер пор в материале зависит от пластично-вязких свойств расплава силикатной массы, ее состава и температуры вспучивания. Вспучивающим агентом выступает водяной пар, образующийся из химически связанной воды, содержащейся в силикатной массе.

Класс материалов, технология получения которых разработана ООО «КОНТУР» и основана на описанном принципе, получил наименование КОНТУР. Технология КОНТУР состоит из известных технологических операций: добыча кремнеземсодержащего сырья, его измельчение (сухое или мокрое), смешение со щелочью и водой, предварительная температурная обработка и вспучивание

при температуре 680–750°C. Технологическая линия КОНТУР формируется из серийно выпускаемого оборудования. Технология позволяет управлять структурой и характеристиками получаемого материала.

Материал вспучивается в металлических формах различных размеров. Формы из 1,5 и 2 мм стали (Ст3) от цикла к циклу дают обильную окалину, и со временем их «ведет». Наилучший результат получен на форме из 3 мм стали 12Х18Н10Т, которая прошла не менее 500 циклов без каких-либо изменений геометрии и продолжает эксплуатироваться.

Пористость материала равномерная, пустоты и уплотнения отсутствуют. По размерам пор материал можно разделить на два типа — с размером до 1 мм и более 1 мм.

Получен ряд материалов серии КОНТУР, среди которых можно выделить серию конструкционно-теплоизоляционных материалов, технические характеристики которых приведены в таблице. Указанное деление материала на марки условно, можно получать материал и с промежуточными значениями технических характеристик.

На текущий момент завершаются работы по масштабированию лабораторной технологии с целью получения ее промышленного варианта. Получены образцы материала промышленных габаритов, а именно блоки размерами 1500×600×300 мм (рис. 1). Такой блок будет распиливаться на теплоизоляционные плиты, строительные блоки требуемых размеров или другие необходимые заказчику изделия. На рис. 2 показан стеновой блок, а на рис. 3 — пористая структура материала.

Материалы серии КОНТУР марок 200, 300 и 400 по плотности с успехом могут использоваться в малоэтажном строительстве в качестве конструкционного несущего материала. При этом дополнительной теплоизоляции зданий не требуется, нет необходимости защищать стены от непогоды и влажности. За счет долговеч-

Параметр	Марка материала КОНТУР			
	КТ-140/045/8/3	КТ-200/06/25/3	КТ-300/08/50/3	КТ-400/11/100/3
Плотность, кг/м ³	120–160	200–230	280–330	370–420
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,04–0,05	0,06–0,07	0,08–0,09	0,11–0,13
Прочность при сжатии, МПа	0,6–1	1,8–3	4–6	8–12
Водопоглощение, об. %	2–5	2–5	2–5	2–5
Морозостойкость, циклы	–	не менее 100	не менее 100	не менее 100
Группа горючести	НГ	НГ	НГ	НГ

Примечание. Морозостойкость материала определяли по ГОСТ 25485–89. Испытания проводились только до 100 циклов. Предположительно морозостойкость материала составляет существенно больше 100 циклов.



Рис. 1. Блок вспученного материала КОНТУР



Рис. 2. Стеновой блок из материала КОНТУР

ности материала конструкции могут рассчитываться на длительные сроки эксплуатации.

Эти же марки материала могут успешно применяться и в многоэтажном каркасном строительстве для возведения самонесущих стен и перегородок, одновременно выполняя теплоизоляционные и звукоизоляционные функции. Также материал может использоваться в качестве теплоизоляционной закладки внутри возводимых монолитных конструкций.

Теплоизоляционный материал марки 140 хорошо подойдет для устройства эксплуатируемых кровель и перекрытий, а также для утепления кровель промышленных сооружений, включая машинные залы электростанций, в том числе атомных. Скорлупы из этого материала могут применяться для утепления трубопроводов.

Использование продукции серии КОНТУР в строительстве в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала позволит не только существенно экономить, сокращая прямые затраты на возведение стен до 30%, но и получать дополнительные (косвенные) выгоды, такие как ускорение сроков строительства, снижение трудоемкости, уменьшение веса построек, снижение стоимости фундамента, повышение долговечности и экологичности, снижение пожароопасности, упрощение конструкции, увеличение полезной площади (экономия площадей инвестора) и пр.

В экономическом плане технология КОНТУР также достаточно привлекательна. Себестоимость производства 1 м³ материала не превышает 1100–1300 р. Продажная

оптовая цена качественного ячеистого бетона на сегодняшний день составляет 2100–2300 р., при этом технические характеристики материала КОНТУР, и главным образом прочность, водопоглощение и морозостойкость, заметно выше. Очевидно, что операционная рентабельность материала КОНТУР достаточно высока, а окупаемость инвестиций составит не более 2–3 лет.

Полные удельные капитальные затраты на организацию производства продукции КОНТУР составляют порядка 1300–1500 р. на 1 м³ годовой производительности создаваемого производства. Для сравнения, стоимость создания производства газобетона на импортном оборудовании составляет 2100–2200 р. на 1 м³ годовой производительности.

Итак, из приведенного выше видно, что внедрение в современное строительство ЛЭЭАНДТ-материалов класса КОНТУР актуально. Технология КОНТУР имеет значительные преимущества, она инвестиционно привлекательна. В частности, в сравнении с газобетонным производством технология КОНТУР предлагает продукцию лучшего качества при существенно более низкой капиталоёмкости и быстрой окупаемости. Кроме того, КОНТУР негорюч, экологически чист, долговечен, технологичен в производстве, имеет конкурентную стоимость, производится по простой и недорогой технологии, обладает обширной сырьевой базой, не требует использования цемента.

Список литературы

1. СНиП П-3-79*. Строительная теплотехника. Минстрой России. М.: ГП ЦПП, 1995. С. 20.
2. МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. М.: НИИЦ, 1999. С. 78.
3. Семченко А.С., Семечкин А.Е., Литвиненко Д.В. и др. Проектирование перспективных стеновых ограждений из минеральных материалов // Строительный эксперт. 2003. № 12 (151).

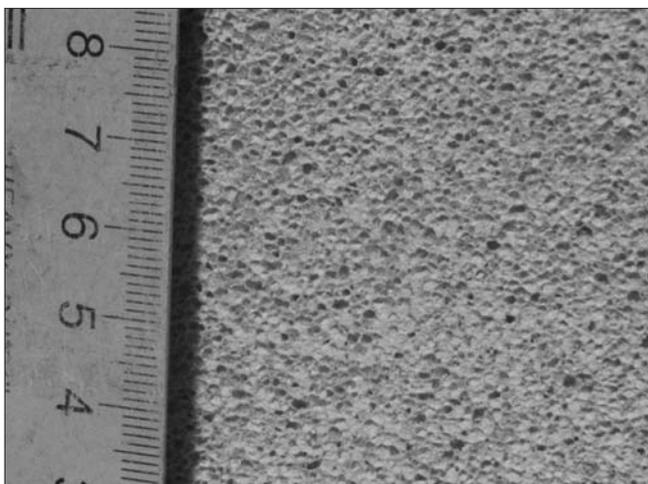


Рис. 3. Макроструктура материала КОНТУР

ООО «КОНТУР»

предлагает заинтересованным организациям
сотрудничество в промышленном освоении,
расширении и развитии технологии

302008, г. Орел, ул. Машиностроительная, д. 6,
(495)238-18-32, 238-64-81, 514-68-71, 998-03-01,
e-mail: nmerkin@ya.ru



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ»

КЕРАМТЭКС

21-23 мая 2008 г.

Санкт-Петербург

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®

Развитие керамической промышленности России

Тематические разделы конференции

- ◆ Совершенствование производства керамических строительных материалов
- ◆ Рынок технологического оборудования для производства керамических строительных материалов
- ◆ Финансовые механизмы развития предприятий
- ◆ Отраслевая наука производству
- ◆ Применение керамических строительных материалов в современном строительстве

Спонсор конференции: **ПОБЕДА** ЛСР

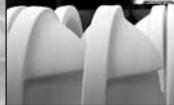
Участники конференции посетят заводы кирпичного объединения «Победа ЛСР»: «Ленстройкерамика», «Керамика», «Победа»

Традиционно к проведению конференции готовится тематический номер журнала «Строительные материалы»® №4-2008, в котором будут опубликованы пленарные доклады. Текст выступления должен быть предоставлен в редакцию до 31 марта 2008 г.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®

Телефон/факс: (495) 926-22-08, 926-20-36, Лескова Елена Львовна
www.rifsm.ru e-mail: mail@rifsm.ru www.keramtex.ru

ПНО ПРОМАВТОМАТИКА



Газовые горелки
для кирпичных заводов
в комплекте с автоматикой
и арматурой
«под ключ»



Наш адрес: Россия, Москва, 117105, ул. Нагатинская, д. 3Б, офис 416
Тел./факс: +7 (499) 611-00-62, +7 (499) 611-04-31, Тел.: +7 (910) 406-83-72
Internet: www.promautomatika.ru
E-mail: mail@promautomatika.ru

УДК 625.765:625.855.4

А.А. БУЗЕНИУС, инженер, В.С. ПРОКОПЕЦ, д-р техн. наук,
С.Ф. ФИЛАТОВ, канд. техн. наук, Сибирская государственная
автомобильно-дорожная академия (Омск)

Ремонт асфальтобетонных покрытий в зимних условиях с применением жидкостекольных смесей

В процессе эксплуатации автомобильных дорог на дорожном покрытии появляются дефекты. Наиболее характерные повреждения асфальтобетонных покрытий – выбоины, разрушения кромок, проломы и другие разрушения, которые возникают в весенний, осенний и зимний периоды при пониженной температуре воздуха.

Особенно интенсивно происходит разрушение покрытия при замораживании-оттаивании с переходом через 0°С.

Ямочный ремонт покрытий весной рекомендуется производить при температуре воздуха не ниже +5, а осенью +10°С. С наступлением пониженной температуры воздуха (до -10°С) асфальтобетонные покрытия рекомендуют ремонтировать смесями на основе дорожных битумов БНД-200/300 или СГ-130/200 [1].

Ремонт покрытий зимой органоминеральными смесями приводит к низкому качеству и малым срокам службы отремонтированных дефектных мест из-за значительной зависимости от погодных условий.

Применяется три группы методов ремонта асфальтобетонных покрытий. Анализ отечественных и зарубежных технологий ремонта асфальтобетонных покрытий позволяет сделать вывод, что наиболее доступным и распространенным методом ремонта покрытий является заделка дефектных мест горячей асфальтобетонной смесью с применением вязких битумов соответствующего состава, однако горячая технология в значительной мере подвержена влиянию погодных условий. В меньшей степени такое влияние сказывается на холодной технологии ремонта покрытий с применением холодных битумосодержащих смесей и материалов на основе жидких битумов и битумных эмульсий. К третьей группе методов ремонта покрытий можно отнести ремонт нетрадиционными и не очень распространенными в дорожной отрасли материалами и смесями на основе специальных битумов, полимеров, полимербитумов, цементных и

других вяжущих, не нашедших широкого применения по сравнению с традиционными смесями.

При ремонте асфальтобетонных покрытий в зимний период необходимо производить разогрев дефектного места перед укладкой смесей на основе органических, полимерных и полимербитумных связующих. Применение ремонтных смесей на основе минеральных вяжущих не требует такой подготовки.

Изучение опыта ремонта асфальтобетонных покрытий показало следующее:

- отсутствуют необходимые мини-установки для приготовления асфальтобетонных смесей в зимнее время и недостаточен опыт приготовления таких смесей;
- отсутствие специальных установок не позволяет с наступлением отрицательных температур разогревать заранее приотвеченные асфальтобетонные смеси, поэтому разогрев производится кустарным способом и в минимальных объемах;
- доставка горячей смеси производится непригодными для сохранения тепла транспортными средствами, в результате чего происходит значительное остывание смеси к моменту ее уплотнения (в лучшем случае коэффициент уплотнения составляет 0,95–0,96);
- низкое качество и малые сроки службы отремонтированных дефектных мест связаны прежде всего с сильной зависимостью от погодных условий и плохой подготовкой таких мест к ремонту, которая выражается в укладке смеси без разогрева ремонтируемого участка из-за недостатка установок для разогрева, в укладке смеси на снег, влажную поверхность или в воду без грунтовки и других нарушениях, в недостаточном уплотнении смеси в связи с трудностью доставки уплотняющих средств и их работы в зимних условиях;
- недостаточно внедряются технологии ремонта покрытий с применением минеральных смесей.

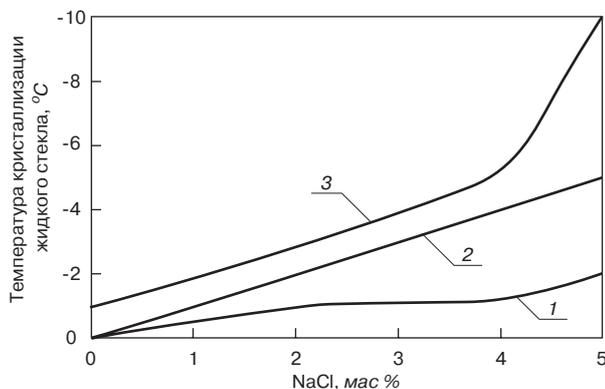


Рис. 1. Влияние содержания NaCl на температуру кристаллизации жидкого стекла разной плотностью, кг/м³: 1 – 1100; 2 – 1200; 3 – 1300

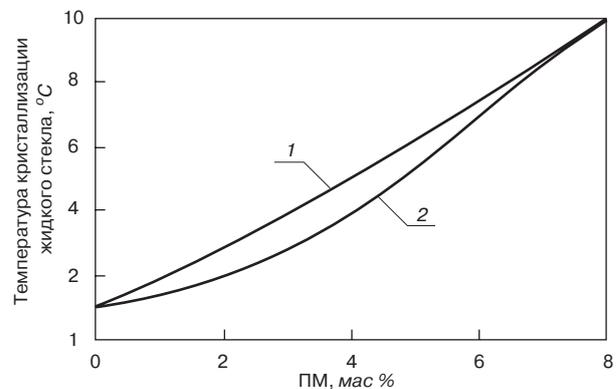


Рис. 2. Влияние содержания противоморозных добавок на температуру кристаллизации жидкого стекла плотностью 1300 кг/м³: 1 – мочевина; 2 – Универсал П2

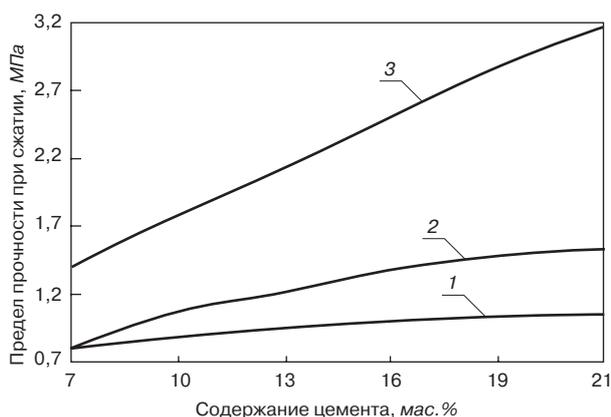


Рис. 3. Влияние содержания цемента на предел прочности при сжатии образцов в возрасте 1 сут при плотности жидкого стекла, кг/м³: 1 – 1100; 2 – 1200; 3 – 1300

В меньшей степени погодные условия влияют на технологию ремонта покрытий с применением минеральных смесей. Эта эффективная нетрадиционная технология требует дальнейшего развития в части использования минеральных смесей и изучения влияния погодных факторов на технологический процесс.

Требования, которыми руководствовались при отработке технологии ремонта асфальтобетонных покрытий в зимних условиях:

- технологичность и простота приготовления ремонтных смесей при положительных и отрицательных температурах воздуха;
- доступность материально-технического обеспечения;
- возможность хранения заранее приготовленных ремонтных смесей в течение определенного времени до их укладки;
- транспортировка ремонтных смесей любым видом специализированного транспорта;
- возможность укладки ремонтных смесей без уплотнения по типу литых смесей;
- снижение зависимости технологии от погодных условий;
- быстрый набор необходимой прочности ремонтным материалом для открытия движения транспорта;
- минимальное вредное воздействие на работающую и окружающую среду;
- продолжительный срок службы отремонтированного участка;
- относительно низкая стоимость производства работ.

Авторами предлагается двухкомпонентная жидкостекольная смесь – сухая минеральная смесь (песок + цемент) и раствор жидкого натриевого стекла. При их соединении происходит мгновенное схватывание и твердение материала.

Поэтому приготовление жидкостекольной смеси необходимо производить, используя метод обратной пропитки. В дефектное место покрытия сначала заливается жидкое стекло, а затем засыпается сухая минеральная смесь.

Одной из важных задач является использование в качестве заполнителей в строительных материалах широко распространенных местных песков, в том числе и мелких, загрязненных примесью глины [2].

В исследованиях в качестве заполнителя в сухой минеральной смеси применяли мелкий речной песок – модуль крупности 0,63 с содержанием пылеватых и глинистых частиц до 5%. В качестве отвердителя для жидкого стекла использовали портландцемент марки М 400.

Для производства работ при отрицательных температурах воздуха в жидкое стекло в качестве противоморозной добавки вводили хлористый натрий. Влияние содержания NaCl на температуру кристаллизации жидкого стекла показано на рис. 1.

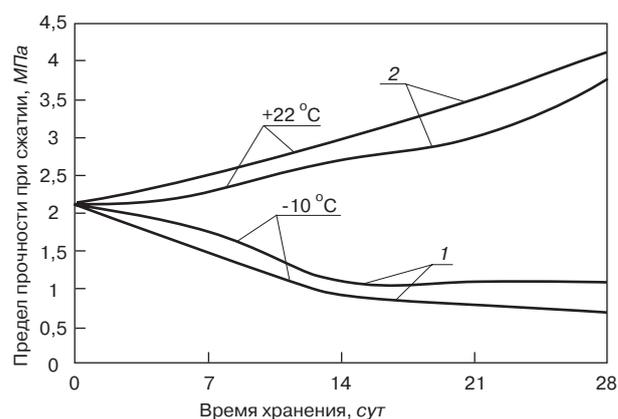


Рис. 4. Влияние времени хранения сухой минеральной смеси и температуры воздуха на предел прочности при сжатии образцов в возрасте 1 сут: 1 – открытая тара; 2 – закрытая тара

Исследованиями установлено, что введение 5% NaCl в жидкое стекло плотностью 1300 кг/м³ позволяет работать зимой при температуре до –10 °C.

В качестве модификаторов, понижающих температуру кристаллизации жидкого стекла, использовали также мочевины (карбамид) и Универсал П2. Установлено, что введение 4% мочевины или П2 в жидкое стекло позволяет работать при температуре –4–5 °C, а введение 8% – при –10 °C (рис. 2).

Учитывая, что мочевина является органическим соединением, не вызывающим коррозии металлов и загрязнения окружающей среды, авторы рекомендуют применять ее в составах жидкостекольных смесей.

Исследование физико-механических свойств ремонтных составов производили с применением сухих минеральных смесей (песок + цемент), в которых содержание портландцемента 7–21%. Смесь затворяли жидким стеклом, изменяя плотность от 1100 до 1300 кг/м³. Результаты испытаний показали, что при увеличении содержания портландцемента во всех составах наблюдается рост прочности образцов (рис. 3).

При выборе рационального состава жидкостекольной смеси учитывали необходимость оперативного открытия движения автомобильного транспорта после проведения ремонтных работ. Необходимо, чтобы ремонтный материал набрал прочность при сжатии не менее 0,6 МПа [3]. Анализ кинетики твердения ремонтных материалов различного состава показал, что необходимую прочность при температуре воздуха –10 °C можно получить через 15–20 мин при содержании в составе минеральной смеси 15% портландцемента и плотности жидкого стекла 1300 кг/м³. Через 7 сут прочность такого материала достигает 2,5 МПа, а в возрасте 14 сут – 2,6 МПа.

Сухие смеси желательно готовить заранее до наступления отрицательных температур воздуха, что позволит создать определенные их запасы. Исследовано влияние времени и условий хранения сухих смесей на их активность, для чего партии сухих минеральных смесей с начальной влажностью 2% хранили в герметично закрытой и открытой таре при температуре воздуха –10 и +22 °C в течение 28 сут (рис. 4). Независимо от температуры хранения смеси в открытой таре активность снижается за 28 сут почти в два раза.

Прочность образцов, изготовленных из минеральной смеси, хранившейся при температуре –10 °C в закрытой таре, за 28 сут повысилась на 46%, а при температуре +22 °C – почти в два раза. Полученные данные подтверждают результаты известных исследований [4]. В песке, применявшемся в исследованиях, глинистые частицы (до 5%) взаимодействовали с гидратированными

продуктами цемента, в результате чего образовался до-полнительный цементирующий материал.

Следовательно, необходимо минеральные сухие смеси, приготовленные с наполнителями, загрязненными глинистыми веществами, выдерживать в герметичной упаковке 28 сут до их использования.

Произведены экспериментальные исследования совместимости ремонтного материала из жидкостекольных смесей с асфальтобетонной поверхностью в неблагоприятных зимних условиях. Укладку ремонтного материала производили на сухую асфальтобетонную поверхность, водонасыщенную, обледенелую и при отрицательных температурах воздуха. Жидкостекольную смесь укладывали как на необработанную, так и на обработанную раствором CaCl_2 поверхность асфальтобетона. Наилучшие показатели адгезии были получены при обработке раствором CaCl_2 , который является отвердителем для жидкого стекла.

С целью проверки результатов исследований, практической отработки и уточнения технологии производства работ по ремонту асфальтобетонных покрытий с применением жидкостекольных смесей в период 2006–2007 гг. осуществлен ремонт опытных участков автомобильной дороги Куйбышев – пос. Венгерово – граница Омской области.

Ремонтные работы производили в зимние месяцы при температуре воздуха -5 – -10°C .

Сухие смеси готовили в растворешалке с принудительным перемешиванием и хранили до начала производства работ в крафт-мешках.

В качестве противоморозной добавки в жидкое стекло вводили мочевины в расчете на работу при температуре до -10°C .

Одной из обязательных технологических операций в процессе ремонта является обработка дефектного места 30% раствором CaCl_2 , что позволяет растопить ледяные и снежные отложения и обеспечивает хорошую совместимость ремонтного материала с асфальтобетоном. В подготовленную для ремонта выбоину заливали необходимое количество жидкого стекла и засыпали сухую минеральную смесь, которая пропитывалась жидким стеклом. Поверхность отремонтированного покрытия обрабатывали раствором CaCl_2 , а затем обмазывали разведенным битумом. Вязкий битум при температуре до -10°C разводили бензином (40% по массе битума). На обработанную таким битумом поверхность рассыпали песок. Участки производства опытных работ взяты под наблюдение.

Список литературы

1. Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования / Росавтодор. М.: Информавтодор, 2004. 172 с.
2. *Рибиндер П.А.* Поверхностные явления в дисперсных системах: избранные труды. М.: Наука, 1979. 384 с.
3. ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд. Росавтодор. М.: Информавтодор, 2001. 123 с.
4. *Безрук В.М.* Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве. М.: Транспорт, 1971. 247 с.



СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №000110-ИР
Приборы сертифицированы, имеют энергонезависимую память, режим связи с ПК.

ПГМ-100 / ПГМ-500 / ПГМ-1000

Прессы испытательные гидравлические малогабаритные на 100, 500 и 1000 кН. Снабжены электрическим приводом (сеть 220 В, 50 Гц) и тензометрическим силоизмерителем. Диапазон нагрузок 1...100 / 5...500 / 10...1000 кН



ПОС-30(50)МГ4 "Отрыв"



Измерители прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.
Диапазон.....5...100 МПа
Максимальное усилие вырыва анкера:
ПОС-30МГ4.....29,4 кН (3000 кгс)
ПОС-50МГ4.....49,0 кН (5000 кгс)

ИПС-МГ4.03



Измеритель прочности бетона, раствора методом ударного импульса по ГОСТ 22690. Расширенный режим измерений с возможностью выбора вида заполнителя, возраста и условий твердения бетона.
Диапазон измерения прочности.....3...100 Мпа

ПСО-МГ4



Измерители прочности сцепления защитных и облицовочных покрытий с основанием по ГОСТ 28089, ГОСТ 28574, а также усилия вырыва анкерных болтов и тарельчатых дюбелей.
Максимальное усилие отрыва:
ПСО-2,5МГ4.....2,45 кН (250 кгс)
ПСО-5МГ4.....4,9 кН (500 кгс)
ПСО-10МГ4.....9,80 кН (1000 кгс)

ПОС-50МГ4 "Скол"



Измерители прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.
Диапазон:
методом скалывания ребра.....10...70 МПа
методом отрыва со скалыванием.....5...100 МПа

Влагомер-МГ4У



Измеритель влажности древесины, бетона, сыпучих по ГОСТ 16588 и ГОСТ 21718.
Может комплектоваться зондовым преобразователем.
Диапазон измерения влажности1...60%

ПОС-2МГ4П



Измеритель прочности ячеистых бетонов методом вырыва спирального анкера. Предусмотрена возможность корректировки результатов испытаний в зависимости от влажности бетона.
Диапазон.....0,5...8 МПа

ИПА-МГ4



Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры железобетонных конструкций магнитным методом по ГОСТ 22904.
Диапазон измерения
Защитного слоя.....3...150 мм
При диаметре стержней.....3...40 мм

ИТП-МГ4 «100/250»



Измерители теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме По ГОСТ 7076 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256.
Диапазон.....0,02...1,5 Вт/(м·К)

Измерители теплопроводности, плотности тепловых потоков, параметров вибрации, влажности стройматериалов. Термометры, гигрометры, анемометры, пирометры, толщинометры, твердомеры, дефектоскопы, лазерные дальнометры.

тел./факс в Челябинске: (351) 790-16-85, 790-16-13
796-64-13, 796-64-14
в Москве: (495) 964-95-63, 220-38-58

454084, г. Челябинск, ул. Калинина 11-г, а/я 8538
E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru http://www.stroypribor.ru

П.А. АРИФОВ, канд. хим. наук, В.И. АНДРОНОВА, К.Ф. ТАДЖИЕВ,
Ш.П. АРИФОВ, инженеры, Институт общей и неорганической химии
АН Республики Узбекистан (Ташкент)

Вспучивающиеся огнезащитные краски серии ВПК

Огнезащита – система мероприятий, обеспечивающих пожарную безопасность зданий и сооружений и предусматривающих различные способы снижения возгораемости, распространения пламени, дымообразования и токсичности продуктов сгорания строительных материалов.

Эффективные средства огнезащиты позволяют получать материалы, относящиеся к группе трудносгораемых, и расширить область применения металлических, деревянных конструкций и легких ограждений [1, 2].

Основным направлением, повышающим защиту зданий и сооружений от пожаров, является разработка новых материалов, обладающих высокой огнестойкостью. Такие строительные материалы разработаны и широко используются во многих странах [3, 4]. К ним относятся огнезащитные краски, представляющие собой смесь твердеющего связующего, пигмента и наполнителя. Образующаяся при нанесении красок пленка может служить как для огнезащиты, так и для декоративных целей. Эти краски используют для покрытия как деревянных, так и металлических конструкций [5].

Широкое применение находят вспучивающиеся огнезащитные краски и лаки, которые защищают сгораемый материал от воспламенения; выделяют при нагревании газы, препятствующие процессу горения

и поглощающие выделяющуюся при горении теплоту, поддерживая температуру окрашенной поверхности на уровне 100°C [6].

В состав огнестойких силикатных красок в соответствующих пропорциях входят огнестойкие наполнители, цветной пигмент, вяжущее и специальные добавки. В качестве наполнителя чаще всего используется молотый вспученный (или не-вспученный) вермикулит, перлит, тальк, волокна каолиновой ваты, распушенного асбеста. В качестве вяжущего в огнезащитных красках используется калиевое или натриевое жидкое (силикатное) стекло со средней плотностью – 1,3–1,4 г/см³. Огнестойкие краски на жидком стекле применяют для внутренних отделочных работ и для повышения огнестойкости деревянных конструкций из ДВП и ДСП. Органосиликатные композиции можно использовать для покраски элементов металлических конструкций [7].

Вспучивающиеся краски находят широкое применение для огнезащиты металлических и деревянных конструкций за рубежом. Некоторые из них обеспечивают предел огнестойкости стальных конструкций до 1 ч. Так, вспучивающаяся краска «Перинокс» фирмы «Хербертс» (ФРГ), представляющая собой трехслойное покрытие толщиной 600–700 мкм, обеспечивает огнестойкость стальных конструкций в течение 30 мин [5].

Промышленность Республики Узбекистан не производит огнезащитных красок, и острый дефицит в них восполняется только за счет импорта. Вместе с тем имеются запасы минерального сырья и материалов, которые успешно можно применить для производства огнезащитных красок. Таким минеральным сырьем являются вермикулитовая руда месторождения Тебинбулак и получаемый из нее вспученный вермикулит.

В Институте общей и неорганической химии АН РУз выполнили исследования по разработке технологии получения огнезащитных красок на основе вермикулита месторождения Тебинбулак, расположенного в северной части хребта Султануиздаг, в 70 км к юго-востоку от г. Нукуса. По геологическим данным, запасы вермикулитовой породы составляют 1332520 т, что вполне сопоставимо с Барчинским, Кулантауским месторождениями в Казахстане и с Потанинским в РФ. Слюдистые минералы ряда вермикулит месторождения Тебинбулак по минералогическому составу относятся к биотитовым породам.

На основе вспученного вермикулита или вермикулитового концентрата указанного месторождения разработаны и запатентованы огнезащитные краски серии ВПК (вспучивающиеся противопожарные краски), в которые помимо вспученного вермикулита или вермикулитового концентрата («руды») входят

Таблица 1

№ состава	Наименование красок	Состав красок, %					
		Вермикулит		Наполнитель	Пластификатор	ПАВ	Пленкообразователь
		вспученный	руда				
1	Силикатно-вермикулитовая огнезащитная краска-1	99	–	–	0,5	0,5	–
2	Силикатно-вермикулитовая огнезащитная краска-2	–	99	–	0,5	0,5	–
3	Силикатно-вермикулитовая огнезащитная краска-3	85	–	–	0,3	0,7	15
4	Силикатно-вермикулитовая огнезащитная краска-4	–	85	–	0,3	0,7	15
5	Силикатно-вермикулитографитовая огнезащитная краска-5	67,3	–	17	0,2	0,5	15
6	Силикатно-вермикулитографитовая огнезащитная краска-6	–	67,3	17	0,2	0,5	15

Таблица 2

№ состава	Время, 120 с		Масса, г		Потеря массы, %
	Самостоятельное горение	Тление	до испытаний	после испытаний	
1	О	О	115,95–138,98	115,13–136,42	1,16–1,24
2	О	Т	126,79–130	124–127,93	0,38–2,84
3	О	О	125,79–135,42	124,37–133,94	0,77–1,24
4	О	Т	127,15–132,41	125,35–130,6	1,17–1,47
5	О	О	122,9–124,65	121,45–123,5	0,77–1,46
6	О	Т	123,8–173,84	129,52–170,99	1,41–1,64

Примечание. Согласно требованиям ГОСТ 30244–94 и 30402–96 время теплового воздействия на образец 120 с. Знак «О» свидетельствует об отсутствии тления после прекращения теплового воздействия, «Т» – после прекращения теплового воздействия образец тлеет.

пленкообразующий компонент, ПАВ, пластификатор и в качестве вяжущего – натриевое или калиевое жидкое стекло (табл. 1).

Краски состоят их двух компонентов А и В. Компонент А – пастообразная масса, которую получают перемешиванием молотого вспученного вермикулита или вермикулитового концентрата с пластификатором и ПАВ до однородной консистенции.

В качестве компонента В использовали натриевое жидкое стекло. Разработан технологический регламент по приготовлению и использованию огнезащитной краски серии ВПК. Краску получают перед употреблением непосредственно на месте проведения работ путем смешивания компонентов А и В. Огнезащитная краска имеет коричневый или серый цвет и плотность 1,53–1,6 г/см³. Перед нанесением огнезащитного состава деревянную поверхность образцов шлифуют, удаляют заусенцы; наличие на образцах ранее нанесенной краски недопустимо.

Огнезащитные составы были испытаны по ГОСТ 16363–98 «Средства защиты для древесины» на приборе ОТМ (прибор для определения трудностгораемых материалов) в пожарно-технической лаборатории Управления пожарной безопасности МВД Республики Узбекистан, сертификат агентства «Узстандарт» № 974/08 от 21 сентября 2005 г. Для испытаний были представлены деревянные образцы размером 150×60×30 мм, покрытые огнезащитными составами 1–6. Каждый состав испытывали на 10 образцах. Результаты испытаний по огнестойкости приведены в табл. 2.

На рис. 1 показан внешний вид образцов до испытаний. Огнезащитная краска на деревянную поверхность ложится ровно, не скатывается и не комкуется, покрытие толщиной 1–2 мм обеспечивает гладкую поверхность образца коричневого цвета.

Таблица 3

Компонент	Дозировка по массе, %
Вспученный вермикулит	70
Пластификатор	0,4
Поверхностно-активное вещество	0,4
Пленкообразователь	13
Натриевое или калиевое жидкое стекло	16,2

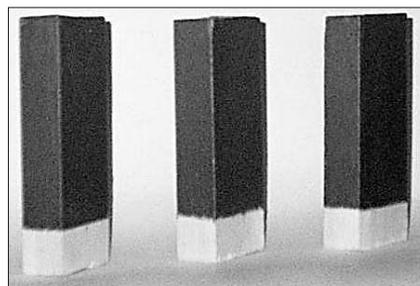


Рис. 1. Деревянные образцы, покрытые краской ВПК



Рис. 2. Внешний вид образцов после испытания на огнестойкость

В результате огневого воздействия покрытие на поверхности образца вспучилось, образовалась «воздушная подушка», толщина покрытия увеличилась до 15–30 мм (рис. 2). Вспучивание связано с выделением паров воды и продуктов разложения компонентов краски, которые удерживаются эластичной пленкой пленкообразующего компонента. Наличие такой парогазовой «подушки» препятствует дальнейшему распространению пламени и защищает древесину от огня. Обугливания образцов не наблюдалось.

По результатам испытаний представленные экспериментальные образцы из древесины, покрытые огнезащитными составами № 1–6, относятся к первой группе огнезащитной эффективности: потеря массы после огневого воздействия не превышает 2%.

Проведенные испытания показали, что все разработанные составы красок ВПК придают древесине вы-

сокие огнезащитные свойства, обеспечивают получение трудновоспалаемой древесины по ГОСТ 30402–96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость» и по огнезащитной эффективности по ГОСТ 30244–94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть» относятся к группе Г1.

По результатам исследований огнезащитных красок было проведено их опытно-экспериментальное внедрение в ГАЖК (Государственная Акционерная Железнодорожная Компания) «Ўзбекистон темир йўллари» на вагоноремонтном заводе станции Ташкент-Товарная. Для проведения работ по опытно-экспериментальному внедрению огнезащитной краски серии ВПК было приготовлено 50 кг краски состава № 3 (табл. 3).

Краску использовали для покраски стеллажей складских помещений и внутренних поверхностей вагонов. Расход огнезащитной краски в среднем составил 0,35 кг/м²

поверхности, что соответствует нормам расхода по разработанному авторским коллективом Технологическому регламенту.

Предложенная огнезащитная краска серии ВПК получена на основе местного сырья Узбекистана. Краска обеспечивает получение трудновоспламеняемой древесины и относится к первой группе огнезащитной эффективности по ГОСТ 16363–98 «Средства защиты для древесины». Состав краски не повышает гигроскопичность древесины и не ядовит для людей и животных.

При использовании предложенной краски серии ВПК для нанесения на внутреннюю поверхность 6600 железнодорожных вагонов, ежегодно используемых для пере-

возки хлопка-волокна, в результате предотвращения возможных потерь от пожаров ожидаемый годовой экономический эффект составляет 68,06 млн сумов (86300 USD).

Список литературы

1. Кошмаров Ю.А., Страхов В.Л., Крутов А.М., Давыдкин Н.Ф. Огнезащита строительных конструкций М.: ТИМР, 2000. 433 с.
2. Павловский В.В., Иващенко В.Д. Огнезащита строительных конструкций КНАУФ-суперлистами (ГВЛ) // Строит. материалы. 2002. № 6. С. 19–21.
3. Хафизов Ф.Ш., Сулейманов Ф.И., Манаев В.В. Огнезащитный состав ОЗК-Д-1. Патент РФ № 2125075 // Опубл. 01.20.1999.

4. Способы и средства огнезащиты древесины. Инструкция. М.: ВНИИПО, 1994. 25 с.
5. Страхов В.Л., Давыдкин Н.Ф. и др. Новые методы огнезащиты строительных конструкций // Наука и техника. 2001. № 10. С. 38–40.
6. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н. Огнезащита строительных конструкций, современные средства и методы оптимального проектирования // Строит. материалы. 2002. № 6. С. 2–5.
7. Токмаков П.П. Сырьевые ресурсы и использование вермикулита // Неметаллические полезные ископаемые, связанные с магнезиальными комплексами и вулканизмом: Сб. науч. трудов. М.: Наука, 1978. С. 103–124.

Информация

Конструкции Hoesch Additive Floor® для многоэтажных парковок



Hoesch Additive Floor® – это система облегченных перекрытий, состоящая из профилированных стальных панелей и ребристых железобетонных плит. Особенность этой системы заключается в способе поддержки навесных конструкций на массивных стальных подпорках из профилированной стали квадратного сечения в боковой проекции. В конструкцию входят два несущих элемента, чаще всего применяющихся при строительстве многоярусных автомобильных парковок. Такие конструкции перекрытий заняли прочные позиции при строительстве автомобильных парковок в Германии.

Идея разработки системы перекрытий TRP200 на базе трапециевидных профилей была впервые предложена в 1991 г. Для строительных технологий того времени трапециевидные стальные профили со слоем бетона не были новшеством. Профильные панели активно использовались в «несложной» опалубке или принимали на себя часть нагрузки в конструкциях со сложной системой перекрытий. В 1991 г. компания Hoesch Siegerlandwerke (так компания ThyssenKrupp Bausysteme называлась ранее) впервые при-



менила на практике дополнительные конструкции, тестировавшиеся в Штутгарте в середине 80-х. Первым реализованным проектом стала двухъярусная парковка страховой компании Allianz в Кельне.

Система Hoesch Additive Floor® единственная в Германии соответствует концепции износостойкости с учетом требований нового стандарта DIN 1045-1 для армированного бетона и сертифицирована Немецким институтом строительных технологий. В настоящее время компания ThyssenKrupp Bausysteme поставила для строительства перекрытия общей площадью 3 млн м².

Особенность системы состоит в том, что профилированные панели подвешиваются между каркасными балками на специальных поддерживающих креплениях. Это значительно отличает систему Hoesch Additive Floor® от аналогов, так как в ней



используются профили высотой более 200 мм в отличие от традиционных комбинированных профилей, имеющих высоту не более 70 мм. Несущая способность допускает пролеты на стадии строительства до 5,9 м, в этом случае профилированные панели выдерживают нагрузку от свежезалитого бетона и производства строительных работ. Профилированные панели выполняют эту функцию и после затвердевания бетона и поддерживают бетонированные ребристые перекрытия без укрепления дополнительными скобами.

Перекрытия размером 5×16 м являются идеальной системой для гаражных парковок. Применение тонких балок из многослойной стали длиной 16 м (два парковочных места + ширина одного прохода), расположенных на расстоянии 5 м друг от друга (ширина, соответствующая двум



парковочным местам), снижает массу конструкции до минимума. Запатентованный метод подвешивания поддерживающих профилированных панелей минимизирует расчетную высоту и гарантирует оптимальное соединение панелей перекрытия с балками. Так как в процессе строительства любые искажения могут быть свободно отрегулированы, удается избежать превышения нагрузок.

Масса панелей около 60 кг, что позволяет устанавливать их вручную, без подъемного крана. Во время монтажа все ярусы доступны для дальнейшей отделки одновременно, и отдельные рабочие операции не препятствуют друг другу. Система Hoesch Additive Floor® выдерживает воздействие огня в течение 2 ч.

В настоящее время по такой технологии сооружены многоярусные автомобильные парковки больницы Rijnstate Hospital в Нидерландах, в аэропорту г. Дюссельдорфа, в выставочном центре Neue Messe в г. Штутгарте (Германия).

По материалам
компании ThyssenKrupp



ИЗДАТЕЛЬСТВО «СТРОЙИЗДАТЕЛЬСТВО»

BAUSTEIN

КЕРАМИКА И КАМЕНЬ CERAMICS AND STONE

Международная специализированная выставка керамики, натурального и искусственного камня
The International specialized exhibition of ceramics, natural and artificial stone

20 – 23 МАРТА 2008
MARCH 20–23, 2008

www.baustein.ru
www.mvk-crocus.ru

Москва, МВЦ «Крокус Экспо»
Moscow, Crocus Expo Exhibition Centre

В рамках выставки пройдет салон
СТРОИТЕЛЬНАЯ КЕРАМИКА (КИРПИЧ)
In frames of the exhibition
SALON OF BUILDING CERAMICS (BRICK)

ДИРЕКЦИЯ ВЫСТАВКИ:
Тел./факс: (495) 995-05-99
E-mail: zon@mvk.ru, atz@mvk.ru

EXHIBITION ADMINISTRATION:
Tel./Fax: +7 495 995 05 99
E-mail: zon@mvk.ru, atz@mvk.ru

Совместно с выставками:

«Деревянное домостроение / HOLZHAUS»
«Мир окон и дверей / SWE»
«Инженерные системы для малоэтажного строительства»

Simultaneously with the exhibitions:

Wooden House Building / HOLZHAUS
Windows and Doors' World / SWE
Engineering systems for low rise construction

ОРГАНИЗАТОРЫ:
ORGANIZERS:

Федеральное агентство по строительству и ЖКХ (Росстрой)
Federal Agency for Construction, Public and Housing Utilities (Rosstroy)

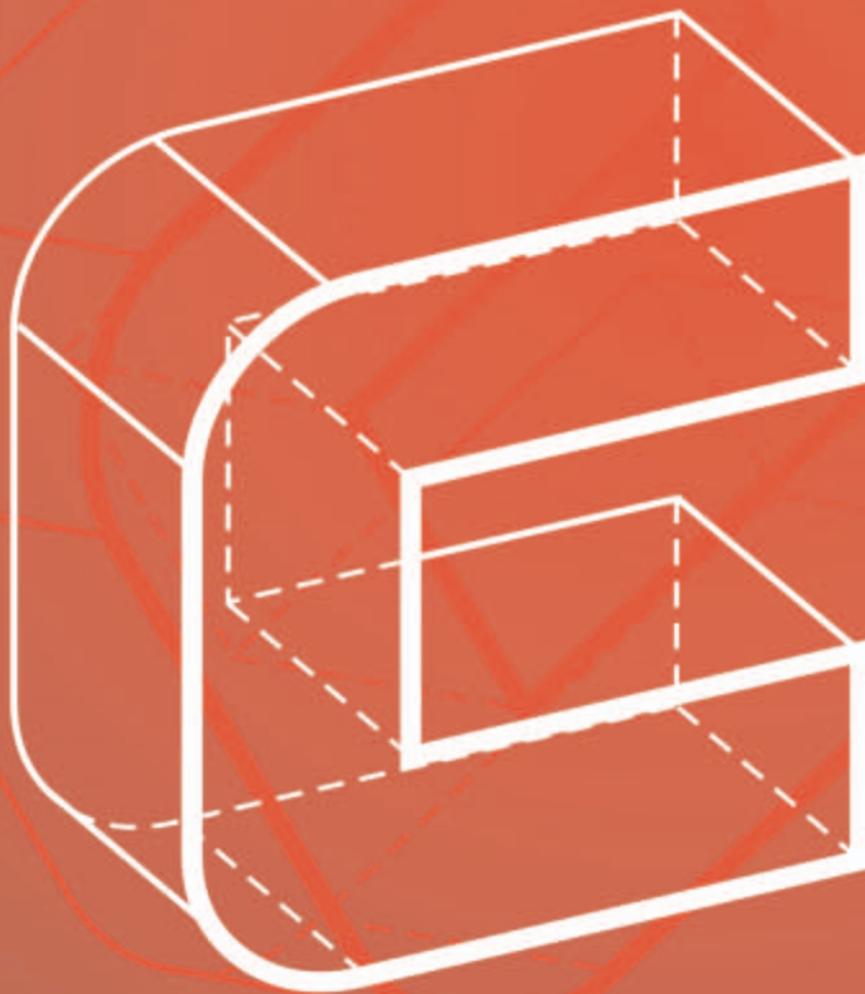
ЗАО «Международная Выставочная Компания»
JSC "International Exhibition Company", MVK

Генеральный информационный спонсор: 
General Informational sponsor:

Информационный спонсор:  
Informational sponsor:



THE 22ND CHINA INTERNATIONAL CERAMICS INDUSTRY EXHIBITION



CERAMICS CHINA 2008

2008.5.21-24

**VENUE: Guangzhou International
Convention and Exhibition Center**

SUPPORTERS

China National Light Industry Council
China Building Materials Industrial Association

SPONSORS

China Ceramic Industrial Association
CCPIT, Building Materials Sub-council

ORGANIZER

Unifair Exhibition Service Co., Ltd.

For more information, please contact:



Unifair Exhibition Service Co., Ltd.

902-903 Daxin Building No.538 Dezheng North Road, 510045 Guangzhou China

Tel: 0086 20 8327 6369 Fax: 0086 20 8327 6330

Unifair@ceramicschina.com.cn www.ceramicschina.com.cn

Official Publication
**asian
ceramics**