

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕРИАЛЫ

- В.Ф. ЗАВАДСКИЙ Лигноминеральные строительные материалы ..... 3
- Ф.Н. РАБИНОВИЧ, Н.В. ЕТКИН Перспективы освоения производства базальтовых волокон на базе Норильского горно-металлургического комбината ..... 6
- В.В. ПЛЕХАНОВ Изоляционная битумная лента (ЛИБ) для покрытия магистрального нефтепровода ..... 8
- В.М. ЮМАШЕВ, Ю.М. ЛЬВОВИЧ, В.Н. ГАВРИЛОВ, А.А. ГРАЧЕВА Геосинтетические материалы в строительстве ..... 9

### ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

- Л.В. АЛЕКСЕЕВА Совершенствование производства испученного перлита ..... 11
- М.Н. КОКОВЕВ, В.Т. ФЕДОРОВ Изостатические гидравлический клин для добычи природного камня ..... 13
- Н.А. ТЮТИН Расчет концентрации насыщения в циркулирующих средах энерготехнологических установок ..... 14

### «ХАГЕРИ-М» – новые материалы и технологии отделки

- Мозаичные краски «Jaeger» ..... 15
- «Вилла Венеция» – серия известковых штукатурок нового поколения ..... 16
- Конкурс для журналистов ..... 18

- Г.И. СТОРОЖЕНКО, Г.В. БОЛДЫРЕВ, В.А. КУЗУБОВ Механохимическая активация сырья как способ повышения эффективности метода полусухого прессования кирпича ..... 19
- Ю.В. МАКСИМОВ, А.А. КАПУСТКИН, В.В. КОЗЛОВ, В.И. ФАДДЕЕВ, Г.К. СОЛОВЬЕВ Технологические аспекты пропиточной гидроизоляции железобетонных конструкций ..... 21
- Я.М. БЕЛКИН, З.М. ХАИМСКИЙ Регенерация тепловой энергии при тепловлажностной обработке изделий в автоклаве ..... 23
- Т.К. АКЧУРИН, С.А. АНАНИИНА Технология получения магнелиальных вяжущих из хлормagneзиевого сырья ..... 25

### РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- В.И. СОКОЛОВ Свойства прессованных обожженных изделий из тальк-хлоритовых сланцев ..... 26
- А.Д. ЦЫРЕМПИЛОВ, К.К. КОНСТАНТИНОВА, Е.А. ЗЯБЛИЦЕВА Влияние способов механической активации на свойства малоклинкерных вяжущих ..... 28
- В.Ф. ЯНЮШКИН О долговечности строительных изделий из бетонов на гипсоцементном вяжущем ..... 30

Главный редактор  
РУБЛЕВСКАЯ М.Г.

Зам. главного редактора  
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:  
ФОМЕНКО О.С.  
(председатель)  
ТЕРЕХОВ В.А.  
(зам. председателя)  
БАЛАКШИН Ю.З.  
БАРЫШНИКОВ А.И.  
БУТКЕВИЧ Г.Р.  
ВОРОБЬЕВ Х.С.  
ГРИЗАК Ю.С.  
ГУДКОВ Ю.В.  
ЗАБЕЛИН В.Н.  
ЗОЛОТОВ П.П.  
ПОГОРЕЛОВ А.Б.  
РЕКИТАР Я.А.  
РУЖАНСКИЙ С.Д.  
УДАЧКИН И.Б.  
ФЕРРОНСКАЯ А.В.  
ФИЛИППОВ Е.В.

Учредитель журнала:  
ООО РИФ «Стройматериалы»  
Журнал зарегистрирован в  
Министерстве печати  
и информации РФ  
за № 0110384

Редакция  
не несет ответственности  
за содержание  
рекламы и объявлений

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

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

Переписка  
и воспроизведение статей,  
рекламных и иллюстрационных  
материалов из нашего журнала  
возможны лишь с письменного  
разрешения редакции

Адрес редакции:  
Россия, 117218 Москва,  
ул. Кржижановского, 13  
Тел./факс: (095) 124-3296

**Наша древняя Столица отмечает свой 850-летний юбилей!**

Каждый город на Земле имеет историю, благоприятную или горькую судьбу своего существования, роста, развития. Москва пережила на своем веку и славу центра, объединившего Русские земли, и горечь поражения, и безысходность разрухи и раздробления. Всякий раз на крутых поворотах истории город вставал из руины, рос, развивался, набирал силу, хоросел, снова и снова удивляя Мир.

Первыми, кто возводил крепостные стены и терема, храмы и посады, были строители, мастера плотники и каменщики. Это их трудом создавались шедевры древней архитектуры, обустроивались торговые пути, порты и другие сооружения, связывающие невидимыми крепкими нитями Москву с другими городами и государствами.

В наши дни Москва, столица России — крупнейший политический, экономический и культурный центр страны. Она окладеет всемирно значимым историко-архитектурным наследием.

Развиваясь как научный и образовательный центр, город международного бизнеса, информации, высоких технологий и культуры, Москва строит современные здания функционального назначения, спортивные сооружения, мосты. Вместе с тем ведется реконструкция, реставрация, благоустройство сотен объектов.

В дни празднования 850-летия Москвы участники торжеств и гости столицы со всего мира увидят обновленный облик города во всей красоте и величии.

Новую страницу в современную историю вписывают и строители, чей профессиональный праздник по традиции страна отметила в августе.

**Редакция журнала поздравляет своих коллег-строителей с большими свершениями в год славного Юбилея!**



## Лигноминеральные строительные материалы

Развитие индивидуального и малоэтажного строительства требует увеличения выпуска и расширения номенклатуры мелкоштучных, эффективных строительных материалов с использованием местного природного и техногенного сырья. В Восточно-Сибирском регионе для этих целей могут использоваться гидролизный лигнин (ГЛ), шлаки и золы бурых углей КАТЭКа.

В настоящие время гидролизный лигнин используется преимущественно в качестве топлива в объеме менее 30 %. В связи с содержанием в гидролизном лигнине кислотных остатков хранение его в отвалах вызывает нарушение экологической обстановки в регионе.

Щелочной характер, дисперсность и гидравлическая активность высококальциевых зол могут реализовываться в композициях с кистым, высококальцивым гидролизным лигнином.

По литературным данным и результатам собственных исследований разработана классификация строительных лигноматериалов, в основу которой положен принцип их получения и функционального назначения, с выделением новой группы лигноминеральных материалов [1].

Установлено, что предшественниками лигнинов являются  $\alpha$ -гидроксикоричные спирты. В зависимости от способа гидролиза древесины в виде отхода производства образуется щелочной или кислотный лигнин, исследованию и применению последнего посвящена данная работа.

В условиях сульфитной варки древесины происходит присоединение  $\text{SO}_3\text{OH}$ -группы к промежуточному карбатиону с образованием лигнинсульфокислоты  $\text{R-SO}_3\text{-H}$ .

В состав ГЛ входят: собственно лигнин, смолы и редуцирующие вещества, полисахариды. Водородный показатель водной вытяжки ГЛ составляет 3–4 единицы. Коэффициент вариации показателей содержания полисахаридов, кислотных остатков, величины набуха-

ния ГЛ Канского, Красноярского и Хакаского гидролизных заводов не превышает 12 %. Набухание в воде древесных опилок в течение суток достигает 6 %, в то время как набухание лигнина не превышает 1 %, что положительно характеризует его как сырье для получения органоминеральных композиций. В составе ГЛ имеются минеральные компоненты.

В качестве минеральных вяжущих в композициях с ГЛ использовались портландцемент марки 400, строительный гипс Г-3, зольное вяжущее. Применялись представительные пробы зол-уноса Канской, Абаканской, Красноярской ТЭС, работающих на бурых углях КАТЭКа. Химический состав зол характерен общим высоким содержанием  $\text{CaO}$ , в том числе в свободном виде (5–8 %), что свойственно золам этой группы. Дифрактометрическим методом установлено в золах наличие соединений  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\alpha\text{-SiO}_2$ , а также минералов  $\beta\text{-C}_2\text{S}$  и различных по основности алюминатов и алюмоферритов.

Водородный показатель водной суспензии золы бурых углей составляет 11–12,5. Зола при затвердении водой проявляет вяжущие свойства, прочность затвердевших зольных образцов 12–17,5 МПа, однако без предварительной технологической подготовки золы (помол, обработка растворами кислот и т. д.) при твердении и экспонировании на зольных изделиях проявляется деструктивные процессы, приводящие к снижению их эксплуатационных свойств или разрушению.

Для получения строительных материалов требуемой структуры и безвредных с позиций санитарных норм обязательным условием является нейтрализация в ГЛ остатков минеральной ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) и органических ( $\text{HCOOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) кислот. Нейтрализаторы в виде водных растворов недопустимо увеличивать и без того высокую влажность ГЛ (65 %), условия при этом технологично подготовки смесей для получения лигноматериалов. Наши иссле-

дования ориентированы на применение дисперсных минеральных нейтрализаторов, в качестве которых апробировались молотые известняк, негашеная известь и известь пушонка, цемент и высококальциевая зола, принятая в работе за базовый компонент в составе лигноминеральных композиций.

Изменением технологии дозировки и вида нейтрализатора регулируются свойства лигноминеральных смесей. Спектральный анализ нейтрализованного лигнина выявил наличие силикатов с кальциевыми аннионами.

Структурные изменения в нейтрализованном лигнине и усиление его минерализации подтверждены дифрактометрическими исследованиями.

По основному функциональному назначению в составе лигносмесей минеральные составляющие подразделены на следующие группы: нейтрализаторы, наполнители, нейтрализаторы-наполнители, нейтрализаторы-вяжущие и нейтрализаторы-наполнители-вяжущие, к последним относится основная высококальциевая зола.

Разработана технологическая схема нейтрализации ГЛ щелочной золой, предусматривающая вариант утилизации ГЛ и золы в отвал в виде нейтрализованной, экологически приемлемой в атмосфере, с потребительскими свойствами лигнозольной смеси и вариант непосредственного использования в производстве строительных материалов [2].

При комплексном решении проблемы применения ГЛ в производстве строительных материалов необходимо решать задачу его измельчения. Активность продуктов помола оценивалась по показателю прочности при сжатии лигнозольных и лигноцементных образцов при соотношении лигнин : вяжущее 1:1 в объемном измерении, твердевших в течение 28 сут в нормальных условиях.

Максимальная прочность лигнозольных образцов получена из смеси, приготовленной совмест-

Показатель	Соотношение лигнин : зола		
	1:2	1:3	1:4
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1200/1230	1350/1400	1450/1520
Прочность, МПа при:			
	изгибе	2,0/2,8	2,5/3,5
сжатии	3,0/3,6	6,2/6,8	4,5/7,5
Водопоглощение, %	16/14	13/11,2	12/10
Коэффициент размягчения	0,75/0,8	0,9/0,92	0,82/0,92
Состояние поверхности образцов	без трещин	без трещин	явные трещины
	без трещин	без трещин	без трещин

**Примечание:** Над чертой — данные для образцов из смеси без обработки, под чертой — из смеси, предварительно измельченной.

ным помолом лигнина и золы. Повышение гидравлической активности смеси объясняется взаимодействием кислотных остатков ГЛ с остаточной оболочкой оксида кальция, что позволило интенсифицировать процесс гидратации оксида кальция, ускорить период твердения и стабилизировать структуру готовых лигноминеральных изделий. Раскрыт процесс «экранизации» частиц лигнина в лигновяжущих композициях за счет образования на их поверхности гидроксида кальция и гипса, что позволяет повысить адгезию к затвердевшему камню минеральных вяжущих. Методом дифрактометрии установлены значительные изменения в минералогическом составе затвердевшего камня в контактной зоне с лигнином. Отрицательному воздействию водорастворимых соединений ГЛ в меньшей степени подвержены при твердении гипсовые и золные вяжущие. В контактной зоне цементного камня зарегистрировано значительное количество (50–60 %) не прореагировавших с водой клинкерных минералов.

Лигнозолевые смеси классифицированы на четыре группы в зависимости от свойств, условий твердения и реализации их при создании строительных материалов различных групп. В порядке нумерации групп I–IV изменяется физико-химическая и технологическая роль лигнина и золы в составе смеси, повышается величина средней плотности готовых изделий от 500 до 1900 кг/м<sup>3</sup>, а прочности с 0,7 до 30 МПа. Для различных групп смесей режим твердения назначается дифференцированно от сухого до тепловлажного с повышенными параметрами температуры и давления [3]. Оптимальными признаками состава при соотношении лигнина и золы от 1:2,5 до 1:3,5 в массовых долях (см. таблицу).

Как уменьшение, так и увеличение количества золы приводит к снижению прочности изделий. В

первом случае по причине недостаточного количества вяжущего, во втором — его избытка, приводящего к развитию значительных объемных деформаций при твердении и нарушению целостности структуры образцов вследствие поздней гидратации «изолированного» оксида кальция.

Для установления закономерностей между содержанием активных компонентов ГЛ, золы и прочностью лигнозолевых материалов произведен расчет по программе «Модель». При обработке данных на ЭВМ получены уравнения регрессии, учитывающие влияние количества свободного СаО в золе и остатков H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в ГЛ на прочность лигнозолевых образцов различного состава.

За критерий оценки лигнозолевых смесей принят показатель отношения СаО/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, который колеблется в пределах 1,95–5,4. При величине этого показателя до 3 единицы соотношение лигнина и золы для получения бездефектных изделий допускается более 1:4. При показателе СаО/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> более 3 соотношение лигнина : зола не должно превышать 1:4. Помол лигнозолевой смеси обеспечивает повышение ее активности, увеличение прочности на 17–40 % и расширение интервала дозирования компонентов, позволяющих получать более однородные по свойствам морозо- и водостойкие изделия.

При расчете состава лигноминеральных изделий на золном или золоцементном вяжущем предложено пользоваться формулой, применяемой для расчета расхода материалов гипсобетона на органических заполнителях:

$$V_{\text{вжж}} = 1000 / (1/\rho_{\text{в}} + n/\rho_{\text{л}} + V/V_{\text{вжж}}),$$

где  $V_{\text{вжж}}$  — расход вяжущего на 1 м<sup>3</sup> лигноминеральных изделий, т;  $\rho_{\text{в}}$ ,  $\rho_{\text{л}}$  — истинная плотность соответствующего вяжущего и лигнина ( $\rho_{\text{в}}=1,3-1,4$ ), т/м<sup>3</sup>;  $n$  — количество массовых частей лигнина, приходя-

щегося на 1 массовую часть вяжущего, применяется с учетом величины показателя отношения СаО/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;  $V/V_{\text{вжж}}$  — водовязущее отношение, которое для лигнозолевых смесей составляет 0,5–0,7.

Определялись способы и устанавливались параметры формирования лигноминеральных смесей. Благодаря наличию в ГЛ поверхностно-активных веществ получены высокопластичные, удобоформируемые без пригрузки лигноминеральные смеси при меньшем в 2–2,3 раза водозатворении по сравнению с опилкоминеральными составами.

Изучалось влияние различных условий твердения на прочность лигноминеральных образцов на золном и золоцементном вяжущем. Лучшие результаты получены при твердении лигнозолевых изделий по комплексному режиму, включающему тепловую обработку при температуре 50°С в среде выделяющейся из материала пара с последующей выдержкой в течение 15 сут при температуре 15–20°С. На первой стадии твердения в системе образуются кристаллы гипса и гидроксида кальция с последующим упрочнением структуры лигноминерального компонента за счет связывания ивести с образованием гидросиликатов и вторичного карбоната кальция.

Затвердение лигнозолевых и лигнозолоцементных (содержание цемента 15 %) смесей растворами СаCl<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> активизирует процесс набора прочности, прочность образцов в 28-суточном возрасте при этом выше прочности образцов, затворенных водой, на 15–20 % (см. рисунок).

Прирост прочности можно объяснить взаимодействием сахаратов кальция Са<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> СаО 2H<sub>2</sub>O в лигноминеральной системе с химическими добавками и формированием при твердении прочных новообразований в структуре композита. Получена математическая зависимость расчета прочности при сжатии лигнозоло- и лигнозолоцементного бетона в различные сроки твердения в нормальных условиях ( $R_t$ ):

$$R_t = (R_{28} - R_1) / (t_{28} + t) + R_1,$$

где  $t$  — время твердения;  $R_{28}$ ,  $R_1$  — прочность образцов, твердевших соответственно 1 и 28 сут.

За счет обогащения вяжущей части лигнозолевой композиции цементом (до 30–50 %) повышена прочность изделий до 12 МПа, при этом необходимо соблюдать следующую последовательность загрузки компонентов при приготовлении смеси: лигнин—зола—вода—цемент.



Изменение установленного регламента дозировки материалов приводит к снижению прочности затвердевших лигнозоцементных образцов на 16–21%. В этом случае зола обеспечивает нейтрализацию кислотных остатков и «экранирует» частицы лигнина от выделения сахаров в систему цементного вяжущего, выполняющего только свою прямую функцию.

Дифрактограммы проб затвердевших лигноминеральных образцов подтверждают образование этрингита ( $C_3A_5H$ ), гидросиликатов кальция ( $C_2SH_2$ ) и вторичного  $CaCO_3$ , наличие  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , полученного при взаимодействии  $H_2SO_4$  с  $Ca(OH)_2$ .

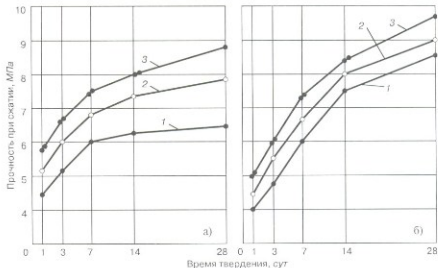
С течением времени происходит полное связывание ивести в стойкие кристаллы гидросиликатов и карбоната кальция [4].

Промышленный выпуск лигноминеральных стеновых камней осуществлен на малом государственном предприятии «Ураган» (г. Канск) и в АО «Стройиндустрия» (г. Красноярск). Из лигнозольных смесей с корректировкой их цементом (до 15%) получены строительные камни марки М50, М75 при плотности 1200–1400 кг/м<sup>3</sup>, применяемые для малоэтажного жилищного строительства и хозяйственных построек.

На лигноминеральные стеновые камни составлен технологический регламент, разработаны технологические условия и получен гигиенический сертификат № КК-090К. Подтверждена радиационная и санитарная безопасность, а также надежность по эксплуатационно-техническим свойствам лигноминеральных материалов на основе зол бурых углей КАТЭКа.

Разработан вариант использования лигнозольных смесей для производства безобжигового, гранулированного заполнителя для легких бетонов и теплоизоляционных засыпок. Подбор параметров получения лигнозольного бесцементного заполнителя производился по плану многофакторного эксперимента. В исследуемом диапазоне составов и параметров изготовлен гранулированный лигнозольный материал с насыпной плотностью 600–700 кг/м<sup>3</sup>, на основе которого получен легкий бетон со средней плотностью 1250 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 8,9 МПа. Технология получения заполнителя включает процесс грануляции лигнозольной смеси, твердение в контейнерах с жалюзийным днищем в тепловых камерах с дальнейшим твердением в силосах засыпа.

Разработана технология лигнозоцементобетона, в котором кремнеземистый компонент полностью заме-



Набор прочности лигноминеральных (а) и лигнозоцементных (б) образцов, затвердевших в воде (1); 2, 3 – растворами соответственно  $CaSO_4$ ,  $Al_2(SO_4)_3$

нен лигнозольной композицией, а в качестве вяжущего используется высококальциевая зола, цемент или их смесь. Установлено, что для более полного протекания гидратации ивести, нейтрализации кислотных остатков, активизации щелочной среды и активизации газовыделения необходима предварительная выдержка смеси в течение 15–30 мин с последующим перемешиванием с газообразователем и приготовлением шлама, что сокращает время начала газовыделения с 30–40 до 15–20 мин. Получен лигнозоцементобетон со средней плотностью 700–900 кг/м<sup>3</sup>, прочностью 2,5–3,5 МПа, величиной теплопроводности 0,25–0,35 Вт/(м·°С) и коэффициентом размягчения 0,82–0,9.

Перспективным направлением является получение на основе ГЛ минеральных наполнителей и вяжущих пенобетона, применяемого как для изготовления штучных изделий, так и для монолитного возведения стен малоэтажных зданий с несъемной опалубкой. Определены оптимальные параметры формирования и режимы твердения гипсобетонных изделий с применением ГЛ и лигнозольной композиции. Из гипсовых смесей, содержащих 10–30% лигнина и 5–15% золы, получены изделия со средней плотностью 750–1100 кг/м<sup>3</sup> и прочностью при сжатии 1,2–4,3 МПа, твердевшие при температуре 50°C в течение 10–12 ч. Гипсолигнозольные образцы, формованные методом прессования и твердевшие по «влажностному» режиму, имеют прочность до 8 МПа. Такой режим обеспечивает ступенчатое-последовательный механизм набора прочности гипсолигнозольных композиций, который объясняется в начале твердением  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  с образованием

$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , а затем гидратацией  $CaO$  и клинкерных минералов, содержащихся в золе, что подтверждено дифрактометрическими исследованиями.

На базе теоретического обоснования параметров разработан вариант технологической схемы получения лигноминеральных изделий плотной и ячеистой структуры по пластическому и литевому способам, позволяющим использовать ГЛ с естественной высокой влажностью [3].

Выполнен технический проект цеха по производству лигнозольных стеновых камней и гипсолигнозольных перегородок. Промышленная реализация разработок экономически оправдана в регионах, располагающих запасами ГЛ и золы-полаговых углей, к таким регионам относятся Восточная Сибирь и Дальний Восток.

#### Список литературы

1. Завадский В.Ф. Классификация строительных материалов и изделий на основе гидролизного лигнина // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1991. № 11. С. 82–85.
2. Завадский В.Ф. Нейтрализация кислотных остатков гидролизного лигнина // Гидролизная и лесохимическая промышленность. 1990. № 6. С. 5–6.
3. Завадский В.Ф. Теоретические основы и технология получения лигноминеральных строительных материалов // Изв. вузов. Строительство. 1994. № 11. С. 88–93.
4. Завадский В.Ф. Стеновые и теплоизоляционные изделия из лигнозоцементобетона // Актуальные проблемы современного строительства: Сб. статей докторантов. СПбГАСУ, 1994. С. 35–42.

Ф.Н. РАБИНОВИЧ, канд. техн. наук (АО ЦНИИПромзданий),  
Н.В. ЕТКИН, гл. инженер УКС Норильского ГМК

## Перспективы освоения производства базальтовых волокон на базе Норильского горно-металлургического комбината

ЦНИИПромзданий совместно с лабораторией базальтовых волокон (ЛБВ) Института материаловедения АН Украины, НПО «Стеклопластик» при взаимодействии с Управлением строительства норильского горно-металлургического комбината (НГМК) проведена комплексная работа, целью которой являлось изучение возможности получения базальтовых волокон из горных пород, залегающих в районе Норильска, выявление рациональных областей применения этих волокон для строительных и промышленных объектов НГМК с последующим освоением производства изделий многофункционального назначения на основе подобных волокон.

Предпосылкой для проведения работы являлось освоенное ранее в Норильске производство минваты, используемой для теплоизоляции строительных конструкций. Исходное сырье для производства минваты – горные породы-габбродолериты, залегающие в районе Норильска. Поэтому были основания считать, что указанные горные породы могут оказаться эффективным сырьем для получения различных видов волокон, в том числе непрерывных диаметром 6–10 мкм и грубых – коротких волокон диаметром более 100 мкм.

Перспективность работ по организации производства базальтовых волокон в различных районах нашей страны, в том числе на территориях северных регионов, определяется тем, что, во-первых, запасы природного сырья (базальта, долеритов и др.) для этого производства достаточно обширны и само это сырье дешевле, в сравнении со стоимостью сырья, необходимого для получения других видов волокон, в том числе стеклянных; во-вторых, хотя технологические приемы получения базальтовых волокон принципиально не отличаются от технологии изготовления стеклянных волокон, отпадает необходимость выполнения достаточно трудо-

емких технологических операций по приготовлению многокомпонентной шихты и получению из расплава этой шихты стеклянных шариков, т. е. процесс получения базальтовых волокон сводится к одностадийной технологии, что, в свою очередь, позволяет существенно снизить не только трудоемкость и энергоемкость технологического процесса, но и себестоимость волокон.

Что касается вопросов организации производства базальтовых волокон на базе НГМК, то здесь необходимо было учитывать особенности северного региона, связанные прежде всего с тем, что транспортные расходы по доставке различных видов продукции из центральных районов России в этот регион превышают, как правило, стоимость самой продукции, включая стоимость значительных объемов материалов на основе стеклянных волокон, потребителем которых является НГМК. В этой ситуации проблема получения базальтового волокна из горных пород, залегающих непосредственно в районе Норильска, приобрела особую актуальность.

Лабораторные и опытно-промышленные исследования проводились с участием кандидатов техн. наук Д.Д. Джигириса и М.Ф. Маховой (ЛБВ), ст. науч. сотрудника В.Н. Зуевой (НПО «Стеклопластик»). Были отобраны пробы горных пород из трех различных месторождений Норильска и прилегающих к нему районов: Норильск-1, карьер рудника «Медвежий ручей» (габбродолериты, долериты, базальт); Талнах, месторождение «Озеро Лесное», карьер «Скальный» (долериты, базальт); Кайеркан, угольный разрез № 2 (базальты).

Лабораторные исследования проб горных пород показали, что из базальта месторождения Норильск-1 и долерита месторождения «Озеро Лесное» непрерывные и грубые волокна формируются в достаточно широком температурном интервале и имеют высокое качество:

Месторождение	Горная порода	Температура плавления горной породы, °С		Пределы температурных интервалов выработки волокон, °С		Непрерывные волокна		Грубые волокна	
		начало	окончание	нижний	верхний	средний диаметр, мкм	средняя прочность на растяжение, МПа	средний диаметр, мкм	средняя прочность на растяжение, МПа
«Медвежий ручей»	габбро-долерит	1160–1180	1350–1410	1360	1410	10,8	2210	—	—
	базальт	1130–1140	1350–1380	1340	1450	9,4	1700	—	—
«Озеро Лесное»	долерит	1140–1160	1350	1350/1320*	1450/1450*	10,2	1922	79,3 152,2 207,1	463 350 222
	базальт	1140–1150	1350–1450	1390	1450	8,5	1928	—	—

\* Над чертой — непрерывные волокна, под чертой — грубые волокна. Остальные данные — для непрерывных волокон.

непрерывные волокна по прочности не уступают стандартным промышленным волокнам, а грубые прочнее в 1,4 раза. Базальт Кайерканского месторождения также отличается хорошим качеством и может быть рекомендован для получения непрерывных кислотостойких волокон. Наиболее предпочтительным, благодаря более высокой однородности, для получения рассматриваемых волокон является долерит.

Это подтвердили и опытно-промышленные испытания. Были выявлены технологические характеристики получения и оптимальные параметры производства таких волокон (температурные зависимости расплава порола, температурные интервалы выработки волокон, скорость вытягивания и др.), механические и физико-химические свойства (прочность, плотность, химическая устойчивость) волокон. Установлено, что получаемые в процессе опытно-промышленного производства непрерывные и грубые волокна по всем параметрам отвечают техническим требованиям, предъявляемым к этим волокнам.

При получении рассматриваемых волокон скоростью их вытягивания из расплава поддерживался постоянный и равной для непрерывных волокон — 1580 м/мин, для грубых — от 6 до 20 м/мин. В таблице приведены некоторые технологические параметры получения волокон, их диаметр и прочность при растяжении.

Для производственных испытаний были изготовлены опытные партии непрерывных и грубых волокон. Из непрерывных волокон в опытно-промышленных условиях были получены партии рулонных тканых и нетканых материалов: ткань полотняного переплетения из комплексной базальтовой нити, ткань из ровинга, трикотажное полотно, излопробинной нетканый материал. В работе принимали участие канд. техн. наук О.В. Туаков (ЛБВ) и ст. науч. сотрудник В.Н. Зуева (НПО «Стеклопластик»). Установлено, что процесс получения тканых и нетканых рулонных материалов с применением рассматриваемых базальтовых волокон (нитей, жгутов) производится стабильно на всех технологических этапах. Определены физико-механические характеристики тканей (плотность, разрывная нагрузка, относительное удлинение при разрыве). По своему качеству получаемые ткани и нетканые материалы отвечают предъявляемым к ним требованиям.

Области применения базальтовых волокон определяются их видом и типом получаемых из них изделий. Продукция на основе подобных волокон может быть эффективно использована как в строительстве, так и непосредственно в условиях промышленного производства на объектах предприятий горно-металлургического комбината.

Грубые базальтовые волокна диаметром более 100 мкм рекомендуются в качестве армирующих компонентов при формировании базальтофибробетонных смесей, используемых для изготовления строительных конструкций различного назначения, в том числе в жилищно-гражданском, дорожном, энергетическом и промышленном строительстве.

Примеры эффективного применения базальтофибробетона на строительных объектах Норильска следующие: цокольные панели зданий, электролизные ванны, облицовочные плиты, несъемная опалубка для обоям усиления свайных фундаментов, стеновые панели и перегородки, кровли, балконы ограждения, лотковые элементы и каналы, плиты дорожные и тротуары, комбинированные многослойные элементы, бордюры дорожные, трубы и кольца многофункционального назначения, пространственные элементы (оболочки, складки, своды), элементы реконструкции зданий, малые архитектурные формы и др.

Производство базальтофибробетонных конструкций с применением в качестве армирующих компонентов грубых базальтовых волокон осуществляется по традиционным технологическим схемам с использованием серийно выпускаемого оборудования. К нестандартному оборудованию в технологической цепочке относится апробированный в производстве узел подачи волокон в бетоносмеситель.

Данные по областям применения непрерывных базальтовых волокон и изделий из них в различных направлениях строительства и промышленности приведены ниже.

#### **Непрерывные волокна и ленты**

Получение тканых и нетканых рулонных материалов, использование в качестве армирующих нитей для тонкостенных (листовых) изделий, армирующая основа для базальтопластиковой стержневой арматуры, длинномерные гибкие полосы для изоляции стыков конструкций, швейные нити для прошива теплоизоляционных изделий.

#### **Ткани полотняного переплетения, разреженные, в виде трикотажа и др.**

Замена стеклотканей и тканей на основе асбеста, в том числе для использования в качестве оболочек тепло- и звукоизоляции, фильтрующих изделий, основы для кровельных материалов с пропиткой битумом, наполнители для конструктивных пластиков, фильтрующие изделия для очистки газовоздушных смесей, воды от жиров, масел, нефтепродуктов.

#### **Сетки тканые и нетканые**

Армирующая основа полимерных и полимернеорганических (полимерцементных) композиций, в том числе для получения тонкостенных плоских изделий (плит, брусьев, листов, полос), изделий пространственной формы (оболочки, складки, скорлупы), включая трубы многофункционального применения для систем водопровода, канализации, газо- и нефтепродуктов, коммуникационных каналов, лотков и др., опалубка для монолитных конструкций, облицовка акустических сеток взамен сеток металлических.

#### **Излопробинный рулонный материал**

Звукопоглощающие и теплоизоляционные изделия, фильтрующие изделия для жидких и газозвудушных сред, основа для получения тонкостенных изделий и конструкций, костюмы, фартуки, рукавицы для использования в качестве спецодежды в горячих цехах, для пожарников (подобные изделия не горят, не выделяют токсичных веществ при высоких температурах), акустические элементы для снижения шума в производственных помещениях.

#### **Прошивной теплоизоляционный материал**

Теплоизоляция тепловых агрегатов, оборудования, транспортных средств (автомобилей, фургон, железнодорожных вагонов и др.), трубопроводов, жилых помещений.

Реализация на практике такой обширной номенклатуры изделий из базальтовых волокон связана с необходимостью освоения разнообразных технологий и схем производства. При этом следует отметить, что значительная часть этих технологий достаточно широко апробирована ранее, в частности при производстве стеклянных волокон и изделий, получаемых из них, и может быть также успешно использована при работе с аналогичными базальтовыми волокнами.

На завершающем этапе были разработаны предложения по организации производственной базы НГМК для промышленного освоения технологических линий изготовления базальтовых волокон и широкой номенклатуры изделий из них с использованием отечественного оборудования.

## Изоляционная битумная лента (ЛИБ) для покрытия магистрального нефтепровода

Нефтепровод «Нижний Новгород — Ярославль» диаметром 820 мм и протяженность около 320 км эксплуатируется более 30 лет. Он используется для перекачки нефти из Татарии и Западной Сибири и имеет пропускную способность 24,7 млн. т в год. На участке нефтепровода протяженностью 10 км от пикета 130 км до пикета 140 км подлежит полной замене изоляционное покрытие, подвергшееся коррозии.

Эта магистраль эксплуатируется при рабочем давлении 5,5 МПа. Замена изоляции произведена при действующей магистрали, но с уменьшением давления до 2 МПа. В качестве антикоррозионного покрытия на ряде участков нефтепровода применена изоляционная битумная лента (ЛИБ).

В последний год АОЗТ «СТЕЛЛИТ» и ряд других организаций используют изоляционную битумную ленту ЛИБ в значительных объемах. Она предназначена для защиты от коррозии наружной поверхности подземных стальных нефтепроводов диаметром до 1020 мм при температуре транспортируемой нефти до 40°C. Лента применяется для изоляции всей поверхности трубопровода, а если трубы поступают с заводской изоляцией, то изоляции подлежат сварные стыки — места, наиболее уязвимые в отношении развития коррозионных процессов.

Нанесение ленты ЛИБ производится изоляционными машинами типа МИ-820, применимыми при строительстве или ремонте магистральных трубопроводов. Эта работа может выполняться и вручную. Как показал производственный опыт, оптимальный интервал температуры окружающей среды для нанесения ленты составляет от 8 до 30°C. При низких температурах (минус 10–15°C) лента выдерживалась в теплом помещении (20–25°C) в течение 1 сут, при более низких температурах — не менее 2 сут.

Изоляционная битумная лента ЛИБ является рулонным материалом, который состоит из полимерной ленты, подклеивающего слоя и антиадгезита. При ее изготовлении на поливинилхлоридную изоляционную ленту наносится слой битумной изоляционной мастики «Изобит», а в качестве антиадгезита используется минеральный порошок — тальк. Битумная мастика имеет температуру размягчения по КиШ 80°C, растяжимость при 25°C — 3 см. Глубина проникновения в нее иглы 0,1 мм при температуре 0 и 25°C составляет соответственно 12 и 20 мм. Ниже приведены физико-механические показатели ленты ЛИБ.

Нормальный тип защитного покрытия состоит из слоя грунтовки, изоляционной ленты ЛИБ и слоя наружной обертки. Усиленный тип покрытия имеет два слоя ленты, и нанесение оберточного материала не является обязательным. Изолируемые трубы грунтуются дизельным топливом (соларкой), а в качестве наружной обертки используется материал типа ПЭКОМ или близкий ему по техническим характеристикам материал толщиной 0,5–1,2 мм.

Перед нанесением изоляционного покрытия трубы магистрального нефтепровода очищали от грунта, окалины, старой изоляции, продуктов коррозии и других загрязнителей. Эти операции выполнялись

самоходной очистной машиной ОМИ-320. Во избежание нарушения целостности трубопровода в зоне вантузов, хомутов, заплат, сварных стыков, рабочей орган машины выключали и очистка велась вручную. Очистными машинами удаляли на металле трубы заусенцы, задиры, остатки флюса и др.

### Технические характеристики ленты ЛИБ и покрытия из нее

Общая толщина ленты с клеем, мм	1,2–1,5
Ширина ленты, мм	225–500
Наружный диаметр рулона, мм	300–400
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20°C, Ом·м, не менее	10 <sup>9</sup>
Адгезия к стальной поверхности, кг/см <sup>2</sup> (МПа), не менее	2(0,2)
Гибкость при 0°C и диаметре стержня 20 мм в течение 30 мин	<b>отсутствие трещин, отслоений мастики</b>
Отсутствие пробоя при испытательном напряжении, кВ/мм толщины	5
Переходное сопротивление после нанесения защитного покрытия, Ом·м, не менее	10 <sup>9</sup>
Отсутствие на ленте	<b>складок, разрывов, отверстий</b>
Отсутствие на рулоне	<b>телескопичности более 5 мм, конусности, седловидности</b>

По снеженанесенной грунтовке лента ЛИБ навивается на поверхность нефтепровода мастичным слоем внутри, не допускаются гофры, перекосы и отвисания. Эти важнейшие технологические операции выполнялись самоходной изолирующей машиной МИ-820, оснащенной дополнительно грунтовоочным оборудованием.

Рулон изоляционной битумной ленты надевали на шпунт машины и конец ее закрепляли на трубопроводе. До начала навивки шпунт изолирующей машины закрепляли под определенным углом, обеспечивающим проектный размер нахлеста витков и равномерное натяжение ленты ЛИБ. Увеличенный угол наклона шпунт приводит к образованию просветов между витками оберточного материала, заниженный — к большому нахлесту. Правильная регулировка тормозных устройств шпунт обеспечивает создание нормальных условий при натяжении полотнищ изоляционной ленты и ее качественную навивку.

По показаниям динамометра определяли усилия натяжения, которые доводили до 1–3 кг/см ширины ленты в зависимости от температуры наружного воздуха. Правильность регулировки узлов изолирующей машины МИ-820 проверяли 2–4-метровой проходкой на минимальной скорости.

По слою изоляционной ленты этой же машиной наносили без перекосов, морщин и гофр оберточный слой ПЭКОМА с величиной нахлеста 2,5–3 см. Изолированный магистральный нефтепровод не позднее чем в суточный срок засыпали грунтом.



Особое внимание уделяли качеству выполнения изоляционного покрытия, для чего осуществляли пооперационный контроль. Качество очистки, грунтовок и внешние дефекты покрытия определяли визуально.

Адгезия покрытия к трубе (прилипаемость) определяется в возрасте 1 сут, когда она достигает максимального значения, путем вырезки равно-стороннего треугольника со сторонами 3–5 см. Если вырезанный треугольник самостоятельно не отслаивается, а поднимается ножом от вершины надреза с некоторым усилием и на трубе остаются грунтовка и часть подстилающей мастики, то адгезия считается нормальной.

В случае выполнения изоляционных работ при отрицательных температурах адгезия проверяется на поверхности нефтепровода, прогретой до температуры 10–40°С.

Гибкость ленты ЛИБ определяется на трех образцах, которые выдерживаются при температуре 0°С в течение 1 с. Отсутствие трещин, разрывов и отслоения мастики от пленки свидетельствует о ее нормативной гибкости.

Сплошность изоляционного покрытия определяется дефектоскопом с напряжением 5 кВ на 1 мм толщины покрытия или дефектоскопом Крона в положении переключателя 3,3–4. Места, подвергшиеся пробую, ремонтируются и повторно проверяются на сплошность.

После нанесения защитного покрытия нефтепровод через каждые 400–500 м и на сомнительных участках проверяют методом «мокрого» контакта.

Применение изоляционной ленты ЛИБ в трассовых условиях технологически значительно проще по сравнению с использованием традиционных покрытий типа «Пластибег-2М», битумно-резиновых и других, и стоимость выполнения этих работ ниже.

#### УДК 691.87

В.М. ЮМАШЕВ, директор СоюздорНИИ,  
Ю.М. ЛЬВОВИЧ, заведующий лабораторией земляного полотна и геотехники СоюздорНИИ,  
В.Н. ГАВРИЛОВ, технический директор ФЦС Госстроя РФ,  
А.А. ГРАЧЕВА, директор ТОО «ИНТЕРПАВТО» (Тверь)

## Геосинтетические материалы в строительстве

Строительство современных земляных сооружений различного назначения немислимо в настоящее время без использования геосинтетики и геопластики. Эти материалы прочно вошли в практику как зарубежного, так и российского строительства. В недалеком прошлом при обустройстве газовых и нефтяных месторождений в Западной Сибири для строительства автомобильных дорог применены в значительных объемах геотекстильные нетканые отечественные материалы, изготовленные из отходов производства. Такие материалы в значительной степени способствовали как самой возможности строительства, так и ускорению темпов сооружения промышленных автомобильных и железных дорог.

Анализ материалов конференции по геосинтетике, которая состоялась в Маастрихте (Голландия) в 1996 г., показывает, что использование геосинтетики является перспективным направлением совершенствования методов строительства геотехнических объектов автодорожного, железнодорожного и аэродромного строительства и дает возможность решать следующие задачи:

- укрепление откосов с целью защиты от водной и ветровой эрозии;
- обеспечение общей устойчивости крутых откосов и грунтовых стен;
- армирование объектов с учетом статических и динамических нагрузок;
- строительство дренажных систем;
- гидроизоляция, теплоизоляция, сепарация (разделение) конструктивных слоев;
- повышение прочности (армирование);
- защита от отраженных трещин покрытия дорог и аэродромов.

Геосинтетика традиционно широко применяется при сооружении транспортных объектов – это земляное полотно и основание дорог и аэродромов, тоннели линий метро, основания под трассы трубопроводов. Следует отметить, что наиболее эффективно применение геосинтетических материалов на слабых (переувлажненных, торфяных, сыпучих) грунтах и в районах со сложными гидрогеологическими условиями, в частности в зоне расположения вечномерзлых грунтов.

В развитых странах мира большое внимание уделяют вопросам обеспечения экологической безопасности, связанной с размещением и захоронением промышленных и твердых бытовых отходов (ТБО). Полигон для размещения отходов представляет собой многослойную конструкцию в виде котлована площадью до 500 тыс. м<sup>2</sup> и объемом до 30 млн. м<sup>3</sup>, из которой недопустима утечка вредных веществ и заражение ими грунтовых вод. В конструкции гидроизолирующих экранов применяют геомембраны толщиной 1,5–5 мм, геокомпозиты СС1, глину. В состав нижнего защитного экрана входит также дренажный слой из геосинтетики для сбора избыточного фильтрата. По мере заполнения хранилища отходами над ним устраивают верхний защитный экран, состоящий из слоя для газового дренажа, гидрозонирующего слоя, верхнего дренарующего слоя. Поверхность заполненного хранилища покрывают растительным грунтом и озеленяют. В России экологической безопасности, связанной с размещением отходов, не уделяют достаточного внимания. В результате только в Московской области (и в самой Москве) расположено более 150 полигонов и свалок, не отвечающих элементарным требованиям экологической безопасности.

При сооружении геотехнических объектов в нашей стране геосинтетика используется в гораздо меньших объемах по сравнению с развитыми странами мира. Выпуск таких материалов в России составляет 30 млн. м<sup>2</sup>, ассортимент насчитывает 25 видов. Это объясняется в основном общей экономической ситуацией в стране. Кроме того, среди отечественных проектировщиков распространено ошибочное мнение о дефицитности и высокой стоимости геосинтетических материалов, что также сдерживает их применение. Вместе с тем, как показывает анализ, наши фабрики производят геотекстиль, по качеству не уступающий импортным аналогам. Материалы выпускаются с различными показателями физико-механических свойств (прочность при растяжении, деформативность, толщина, поверхностная плотность, коэффициент фильтрации и т.п.).

В настоящее время цены на геосинтетику зарубежных фирм сравнимы с отечественными, а в ряде случаев даже ниже. При этом в поисках рынка сбыта своей продукции ведущие зарубежные фирмы активно выходят на российский рынок и предлагают широкий ассортимент геосинтетических материалов, а также создают совместные предприятия по их выпуску.

В последние годы в зарубежной практике используются материалы типа «геопалимертекстиль», представленные также на прошедшей в 1996 г. в Голландии Международной конференции (Еврогоп).

Материалы представляют собой тонкие прочные волокнистые основы, скрепленные полимерным связующим, создающим особую открытую форму пор, в результате чего они обладают высокой степенью водо-, паро- и воздухопроницаемостью в сочетании с высокой прочностью.

В 1994 г. в России под руководством СоюздорНИИ были созданы первые материалы типа «геопалимертекстиль» по оригинальной отечественной технологии с использованием отечественного сырья и оборудования. Физико-механические показатели этих материалов приведены далее.

Материал хорошо распределяет нагрузку, дренирует, удобен в работе, не гниет. Разработка защищена Роспатентом. На предприятии по производству нетканых материалов ТОО «Интеравто» (г. Тверь) освоено массовое производство «нетканого волокнистого материала «Ледо» по ТУ 83900004-10795621-96.

Сертификат соответствия центрального органа по сертификации в области строительства Госстандарта России № ГОСТ Р RU.9001.1.4.0332 и лицензия Минстроя России № ГОСТ Р RU.9001.8.3.0309, а также гигиенический сертификат № 2573 Госкомсанэпиднадзора РФ подтверждают его высокое качество и экологическую безопасность.

«Ледо» хорошо показал себя в различных географических условиях. Его применяли в АОТ «Ленгазспецстрой» на заболоченных территориях, «Ямбурггаздобыча» в условиях вечной мерзлоты. Нормативные значения показателей по ТУ 8390-004-10795621-96 приведены ниже.

Толщина, мм, не менее	2
Ширина, см, не менее	140
Разрывная нагрузка полоски 50-100 мм, Н, не менее:	
в продольном направлении	200
в поперечном направлении	300
Морозостойкость в динамических условиях при - 25°С, циклов, не менее	25
Относительное удлинение, %	40-45
Паропроницаемость материала, мг/см <sup>2</sup>	6-7
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с	500
Масса 1 кг/м <sup>2</sup> , не более	0,2

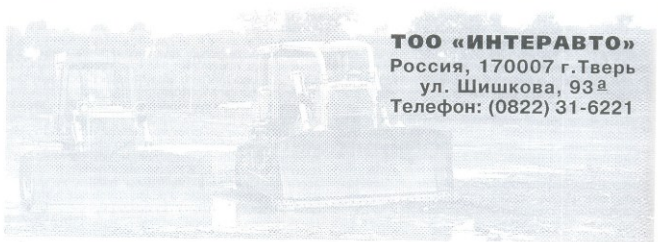
В ТОО «Интеравто» разработан и производится специальный «геопалимертекстиль» для применения в качестве изолирующего прокладочного материала между основной трубопровода и железобетонным пригрузом при прокладке труб газопроводов. Материал имеет название: «Материал нетканый волокнистый объемный точечно-скрепленный «Матон» вид 7», ТУ 8380-002-10795621-96 с изм. 1, 2, 3. Ему выдан сертификат соответствия центрального органа по сертификации в области строительства Госстандарта России № ГОСТ Р RU.9001.1.4.0330 и лицензия Минстроя России № ГОСТ Р RU.9001.8.3.0307, а также гигиенический сертификат № 2570 Госкомсанэпиднадзора РФ «Матон» обладает следующими физико-механическими свойствами:

Масса, кг/м <sup>2</sup> , не менее	0,16
Ширина, см, не менее	140
Разрывная нагрузка полоски 50-100 мм, Н, не менее:	
в продольном направлении	30
в поперечном направлении	60
Жесткость, СН, не менее	40
Паропроницаемость, мг/см <sup>2</sup>	5,6-6
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с	550

Материал легок и упруг за счет пропитки полимерной пеной, он надежно предохраняет изолированные трубы, легко пропускает влагу, не гниет.

«Матон» хорошо проявил себя в различных климатических условиях.

Материалы нового поколения, выпускаемые массово и хорошо показавшие себя в самых тяжелых климатических условиях, безусловно, облегчат труд дорожников и повысят качество и сроки эксплуатации промышленных дорог. Они внесены в научно-техническую документацию на производство дорожного подотта.



## ТОО «ИНТЕРАВТО»

Россия, 170007 г.Тверь

ул. Шишкова, 93<sup>а</sup>

Телефон: (0822) 31-6221

УДК 666.972.125:553.535

А.В. АЛЕКСЕЕВА, инженер (НИИСМИ, Киев)

## Совершенствование производства вспученного перлита

Вспученный перлит — эффективный теплозвуко-изоляционный материал.

Наиболее широкое применение в промышленности нашел вспученный перлитовый песок. Однако его использование ограничено основными недостатками — большим водопоглощением и малой прочностью.

Для получения вспученного перлита с требуемыми показателями качества необходимо выбрать оптимальные условия термообработки перлита каждого конкретного месторождения и соответствующее технологическое оборудование, способное наиболее рационально реализовать эти условия.

Существующая на действующих предприятиях одностадийная технология, которая включает только вспучивание нефракционированного сырья, не позволяет регулировать в широких пределах основные технологические параметры и в результате улучшить качественные показатели вспученного перлита.

В НИИСМИ разработана эффективная универсальная технология производства вспученного перлитового песка с заданными эксплуатационными характеристиками для перлита различных разновидностей.

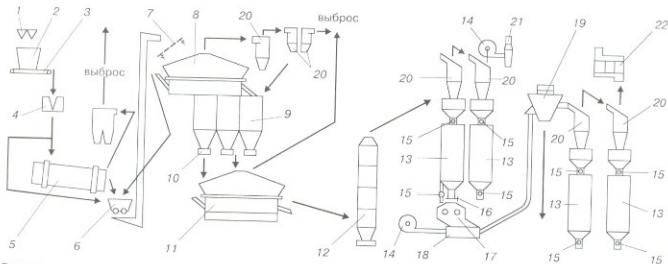
Основой новой технологии является двухстадийный процесс термообработки перлитового сырья, включающий классификацию на узкие фракции, предварительную термодобработку породы, а затем вспучивание. Для подготовки сырья совместно с институтом газа НАН Украины разработаны **новые тепловые агрегаты «кипящего слоя»: аэродинамический термокласификатор сырья на узкие фракции и печь предварительной термодобработки.**

Тепловые агрегаты «кипящего слоя» по сравнению с вращающимися печами, которые использовались на перлитовых предприятиях для термодобработки перлитового сырья, отличаются изотермическим процессом теплообмена и могут обеспечивать стабильный требуемый температурно-временной режим термодобработки. Использование такого оборудования позволяет получить заданное количество структурной воды (газообразователя) для каждой узкой фракции сырья и регулировать температурно-временной режим в широком пределе ( $t = 100-450^{\circ}\text{C}$ ).

В результате возможно получить из перлита одной и той же разновидности вспученный перлит с различными требуемыми качественными показателями: легкий материал (насыпная плотность менее  $100 \text{ кг/м}^3$ ) с мелкопористой структурой и более тяжелый материал с преимущественно закрытой пористой структурой, т.е. с уменьшенным водопоглощением и повышенной прочностью.

Еще одно преимущество разработанной технологии — это стабильно заданное качество материала, прошедшего термодобработку не только по содержанию структурной воды, но и по однородности размера частиц и их аэродинамическим характеристикам. В результате получается зернистый вспученный перлитовый песок однородного гранулометрического состава требуемой узкой фракции.

Таким образом, благодаря регулированию параметров термодобработки перлитового сырья в широких пределах можно изменять свойства сырья в большем



Технологическая схема производства вспученного перлитового песка и фильтроперлита:

1 — грейферный кран; 2 — приемный бункер; 3 — питатель; 4 — щековая дробилка; 5 — сушильный барабан; 6 — молотковая дробилка; 7 — вибросито; 8 — аэродинамический термокласификатор; 9 — бункер; 10 — питатель; 11 — печь термодобработки; 12 — шихтная печь; 13 — силос; 14 — вентилятор; 15 — секторный питатель; 16 — задвижка; 17 — валковый измельчитель; 18 — эжектор; 19 — классификатор; 20 — циклон; 21 — водная скруббер; 22 — рукавный фильтр

Характеристика сырья		Остаточное влаго- содержание после термоподготовки, %	Характеристика вспученного перлитового песка и щебня				Характеристика перлитового порошка		
Фракция, мм	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>		Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Модуль крупности	Водопоглощение, % общее по массе	Прочность при сжатии в цилиндре, МПа (для насыпной плотности более 130 кг/м <sup>3</sup> )	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Фильтрационная проницаемость по воде, Дюпюа	Доля всплывающих частиц, мас. %
0,14–0,63	1010	3,7–3,9	65–70	3,6–3,7	–	–	120–180	0,5–1,8	7–12
0,315–1,25	1000	3,6–3,8	67–85	3,2–3,5	–	–	–	–	–
0,14–0,63	1010	2,5–3,8	65–120	2,8–3,7	–	–	–	–	–
0,315–1,25	1000	2,2–3,8	67–200	2,7–3,5	300–150	0,15–0,25	–	–	–
0,63–2,5	890	1,9–3,7	70–220	2,6–4,7	270–120	0,2–0,35	–	–	–
			Фракция, мм						
5–10	850	2,4–3,9	250–350	5–10	75–100	0,5–0,9	–	–	–

диапазоне и, как следствие, расширить его потенциальные технологические возможности.

Технология позволяет получать перлитовые материалы высокого качества со значительной экономией сырья и топливных ресурсов.

Усовершенствованная технологическая линия, основанная на технологии НИИСМИ, создана на Калиновском заводе теплоизоляционных материалов (КЗТМ «Стройперлит», Киев). Схема технологической линии приведена на рисунке.

Промышленная проверка технологии проведена с применением перлитового сырья различных месторождений: Армении (Арагацское, Арегское), Украины, Венгрии и Греции.

На Украине в настоящее время разрабатывается новое месторождение перлита Фогош в Закарпатской области. Этот перлит сейчас используется на всех предприятиях Украины, России, Белоруссии и других стран СНГ.

По генетическому критерию перлитовое сырье месторождения Фогош относится к вторичногидратированным перлитам (генетический возраст 120–160 млн. лет) и содержит 5–7 % структурной воды.

В результате изучения технологических свойств перлитового сырья месторождения Фогош в НИИСМИ была разработана технология производства из него вспученного перлита, которая освоена на КЗТМ «Стройперлит». В таблице представлены характеристики вспученного перлита (песка, порошка, щебня).

Применение технологии позволило расширить технологические свойства перлита месторождения Фогош. В промышленных условиях стало возможно производить из него как легкий вспученный перлитовый песок (насыпная плотность 65–90 кг/м<sup>3</sup>) с мелкопористой структурой, так и более тяжелый (насыпная плотность 100–220 кг/м<sup>3</sup>) с преимущественно закрытой пористой структурой.

Изменение характера пористости вспученного перлитового песка, термоподготовленного при различных режимах, изучалось с помощью специально разработанных методов по определению соотношения закрытой и открытой пористости и фотографий структуры зерен, выполненных на электронном растровом микроскопе при увеличении в 250–1000 раз.

По сравнению со вспученным перлитом, полученным по традиционной технологии, новый продукт характеризуется заданной плотностью, однородной по гранулометрии зернистой структурой, а также повышенной в 2–2,5 раза прочностью и пониженным в 2–3 раза водопоглощением.

На основе экспериментальных данных разработана математическая модель процесса термообработки пер-

литового сырья месторождения Фогош, позволяющая определить рациональные параметры термообработки перлита, которые обеспечивают производство вспученного перлитового песка с требуемыми качественными показателями. В результате определения количественных зависимостей между насыпной плотностью вспученного перлитового песка и параметрами термообработки в печи вспучивания для фракций сырья 0,16–0,63 мм, 0,315–2,5 мм, 0,63–2,5 мм построены номограммы определения технологических параметров термообработки перлита месторождения Фогош.

Освоение новой технологии позволило также впервые на основе украинского перлита, относящегося к вторичногидратированным перлитам, в результате специальной механической обработки легкого вспученного перлитового песка ( $\gamma_{в.л.} = 65–90$  кг/м<sup>3</sup>) на промышленной линии получить фильтровальный перлитовый порошок.

Определение качественных показателей фильтроперлита из сырья месторождения Фогош как по методикам СНГ, так и по методикам Германии и США показало, что он соответствует мировым стандартам.

В НИИСМИ отработаны оптимальные режимы производства фильтровального перлитового порошка различных сортов для определенного потребителя. Он используется в металлургической, нефтеперерабатывающей, медицинской промышленности, а также в пищевой для фильтрации сахарных сиропов, вина, пива, растительных масел и др.

Применение зернистого вспученного перлитового песка с улучшенными показателями в строительной индустрии в качестве эффективного теплоизоляционного материала позволяет решить задачу энергосбережения при эксплуатации жилых и гражданских зданий.

НИИСМИ разработаны технологии применения такого материала в ограждающих конструкциях жилых, общественных и промышленных зданий для наружных стен, крыш, перекрытий, полов. Наружные стены могут быть выполнены в виде однослойных и слоистых (дух-, трехслойных) панелей с утепляющим слоем перлитобетона. Разработаны эффективные составы теплоизоляционных перлитовых штукатурных сухих смесей плотностью 600–700 кг/м<sup>3</sup>, применяемых для внутренних поверхностей наружных стен. Для малоэтажного домостроения разработана технология вибропрессования перлитобетонных блоков, камней, кирпичей с улучшенными теплозащитными свойствами (теплопроводность 0,11–0,19 Вт/(м·К)).

Подготовлена проектно-техническая и технологическая документация для реконструкции действующих предприятий с использованием новой технологии.



М.Н. КОКОЕВ, канд. эконом. наук, генеральный директор ОАО «Каббалкагропромстрой»,  
В.Т. ФЕДОРОВ, д-р техн. наук, зам. директора по НИР Нальчикского колледжа дизайна

## Изостатический гидравлический клин для добычи природного камня

При богатых запасах природного сырья Россия импортирует около 50 % облицовочных изделий из природного камня. Это объясняется более высоким качеством зарубежной продукции. Не всегда удовлетворительное качество отечественных изделий — это следствие сильного износа оборудования и низкой технологической культуры камнедобывающих предприятий [1].

Обычно блоки из гранита, диабазы, кварцита и других изверженных пород добывают буровзрывным и буроклинным способами. Наиболее ответственный процесс в технологии добычи гранитных блоков — выкалывание из массива крупных монолитов, размеры которых зависят от расстояния между отдельными трещинами, а при их отсутствии — от грузоподъемности подъемно-транспортного оборудования. Монолит раскалывают на блоки и затовочки буроклинным способом с размещением простых или гидравлических клиньев в гнездах, образуемых пневматическими отбойными молотками, или в шпурах, пробуренных перфораторами.

Использование простого клина при разработке камня известно с давних времен и весьма рационально по своей сути, так как при воздействии расклинивающих усилий материал разрушается за счет растягивающих напряжений, предельная величина которых для камня в десятки раз ниже, чем величина допустимых напряжений сжатия.

Применяемые в настоящее время для добычи каменных блоков гидравлические клинья позволяют получать большие направленные усилия по сравнению с усилиями, развиваемыми при взрывах. Замедленное действие гидроклина также благоприятно, поскольку позволяет точнее ориентировать раскол в нужном направлении, что повышает выход годного материала.

Однако работа с существующими гидроклинами требует большой затраты физической силы, так как масса известных гидроклиньев типа ГКБ-1 и ГКБ-2 равна примерно 45 кг. Гидроклин ГКБ-2М, работающий при более высоком давлении жидкости, имеет массу 26 кг [2].

Другая проблема при разработке природного камня — это высокая трудоемкость бурения шпуров для установки гидроклиньев. По вредности, затрате физических усилий и времени эта операция одна из самых тяжелых. Применение гидравлических клиньев вынуждает бурить шпуры большого диаметра (52 мм), для чего используют тяжелые перфораторы массой более 25 кг. Перфоратор — ручная машина ударного действия, поэтому при работе с ним костно-мышечный аппарат рабочего испытывает сильные вибрации, следствием которых является развитие вибрационной болезни. Создание гидроклина с диаметром рабочей части не более 25 мм позволило бы уменьшить трудоемкость бурения шпуров в 4 раза, так как объем разрушаемой породы пропорционален квадрату диаметра канала.

Нами были исследованы возможные принципы работы гидроклина, использование которых позволило бы в несколько раз снизить массу расклинивающего инструмента. Одновременно изучалась возможность уменьшения диаметров шпуров, применяемых при разработке природного камня с помощью гидроклина.

Было рассмотрено несколько возможных вариантов: применение для механизации работы клина механического привода, использование электрогидравлического эффекта для создания импульса высокого давления в жидкости и передачи его на стенки шпура для раскалывания камня, использование жидкого азота в силовом устройстве для раскалывания камня. Однако ни один из вариантов практически не пригоден по экономическим параметрам — каждое решение увеличивает стоимость комплекса для раскалывания камня.

Показанный ниже вариант нового устройства представляется наиболее предпочтительным. Принципиальное отличие нового гидроклина заключается в том, что в нем давление жидкости передается на стенки шпура непосредственно через высокопрочный гибкий рукав, длина и диаметр которого соответствуют размерам шпура. Такой гидроклин можно назвать изостатическим. В результате отказа от использования в конструкции цилиндра с поршнем и самого механического клина, расчетная масса изделия не превышает 1 кг.

Конструкция легкого гидроклина осуществима при изготовлении оболочки рукава из многослойной ткани, выполненной из волокон на основе ароматических полиамидов (название этого волокна за рубежом — кевлар). Уже много лет ткань из кевлара применяется в некоторых странах для изготовления бронежилетов и авиационных композитов [3, 4]. Арамидное волокно кевлар имеет прочность на разрыв не менее 2700 МПа (270 кгс/мм<sup>2</sup>). Российский аналог кевлара — волокно СВМ, по физико-механическим свойствам ни в чем не уступающее кевлару. Волокна СВМ серийно производит АО «Каменскийволокно» в Ростовской области, и в настоящее время не существует ограничений для использования его в гражданских отраслях промышленности.

Для удержания в рабочей полости изостатического гидроклина давления 32 МПа достаточно, чтобы мягкая оболочка рукава диаметром 25 мм имела толщину 1,5 мм. При указанной толщине оболочка имеет трехкратный запас прочности. Концевые участки мягкого рукава закрепляются в стальных наконечниках обжимной конструкции. При этом нижний наконечник заглушен, а верхний имеет резьбу для подключения гибкого рукава к напорному шлангу гидронасоса.

Снаружи гибкий рукав имеет свободную сеточную оплетку из тонких стальных тросиков, которые также закреплены в металлических наконечниках изделия. Стальная оплетка выполняет страховочную функцию на случай обрыва мягкой оболочки рукава в местах его заделки в наконечники. Резкая разгрузка рукава от реакции стенок шпура при раскалывании камня не про-

зит разрывом мягкой оболочки ввиду достаточного запаса ее прочности. Кроме того, гидросистема, включающая насос и напорные шланги, имеет небольшой объем, поэтому запасаемая ею энергия упругого сжатия не слишком велика.

Работает гидроклин следующим образом. После бурения в каменном массиве ряда шпуров заданной глубины в них устанавливаются рукава так, чтобы мягкая оболочка была полностью погружена в шпур. При нагнетании в рукав масла под давлением 32 МПа он передает давление на стенки шпура. Припуск по ширине рукава, упругость ткани и свободная стальная оплетка позволяют ему увеличивать свой диаметр под давлением масла на 20–30 %. При длине рукава 200 мм и диаметре шпура 25 мм суммарное усилие на стенки пробуренного отверстия равно 500 кН (50 тс).

Для сравнения укажем, что в существующих гидроклинах ГKB-2М, имеющих диаметр рабочей части 52 мм, усилие на штоке вдоль оси равно 100 кН. В нижней части шток переходит в клин с углом при вершине около 12°. С учетом известных потерь на трение клин действует на боковые стенки шпура с силой 400–450 кН. Таким образом, высокопрочный гибкий рукав, имеющий массу около 1 кг, создает расклинивающее усилие примерно такой же величины, как и гидроклин ГKB-2М массой 26 кг.

Отметим некоторые особенности комплектации и эксплуатации изостатического гидроклина. В зависимости от габаритных размеров каменных массивов, разделяемых с помощью гидроклиньев на блоки, в комплект должны входить гибкие рукава 4–5 размеров с шагом по длине 50–100 мм. Например, при использовании рукава длиной 600 мм для раскалывания особо крупных каменных блоков расклинивающее усилие на стенки шпура будет равно 1500 кН (150 тс). Для раскалывания гранитных блоков высотой до 500 мм возможно использование коротких гибких рукавов длиной 100–150 мм.

#### Список литературы

1. Буянов Ю.Д., Буткевич Г.Р., Харо О.Е. Состояние нерудной промышленности и проблемы ее развития // Строительные материалы, 1997. № 1. С. 27–29.
2. Малин В.И., Дамье-Вульфсон В.П. Наружная и внутренняя облицовка зданий природным камнем. М.: Высшая школа, 1991.
3. Лисов О. Келлар – перспективный материал военного назначения // Зарубежное военное обозрение, 1986. № 2. С. 89–90.
4. Гаерлов Ю., Львова Н. Бронезащитная одежда // Техника и вооружение, 1987. № 8. С. 38–39.

УДК 622.765.06

Н.А. ТЮТИН, АООТ «ВОСТИО»

## Расчет концентрации насыщения в циркулирующих средах энерготехнологических установок

Все многообразие энерготехнологических установок, в которых в качестве рабочего тела используются циркулирующие среды в газообразном или жидком состоянии, можно разделить на три вида систем: незамкнутые, полузамкнутые, замкнутые. Принципиальное отличие систем друг от друга заключается в степени рециркуляции циркулирующей среды в системе, которая характеризуется коэффициентом рециркуляции. В незамкнутой системе коэффициент рециркуляции равен нулю; в полузамкнутой он больше нуля, но меньше единицы; в замкнутой — равен единице.

Каждая из систем состоит из реактора, генератора энергии и нагнетателя среды, соединенных друг с другом трубопроводами.

Суть процессов, происходящих в каждой из систем при обработке материала, связанных с выделением из него вещества, состоит в следующем:

- обрабатываемый материал и циркулирующая среда из генератора поступают в реактор;
- в реакторе в результате энергообмена материал подвергается физико-химическим превращениям, а циркулирующая среда насы-

щается веществом, выделяющимся из материала;

- обработанный материал и отработавшая среда удаляются из реактора (в незамкнутой системе отработавшая среда не возвращается в реактор, в полузамкнутой — она частично возвращается в систему через генератор, а в замкнутой — полностью).

Выбор типа системы при разработке энерготехнологической установки определяется концентрацией насыщения, т.е. концентрацией вещества, выделяющегося из обрабатываемого материала, в циркулирующей среде на выходе из генератора.

Расчет концентрации насыщения, в соответствии с результатами анализа каждой из систем с позиции насыщения циркулирующих в них сред веществом из обрабатываемого материала, рекомендуется производить по формулам:  $C = \Delta m / V(1-x)$  или  $C = C_0 / (1-x)$ , где  $\Delta m$  — масса вещества, выделяющегося из материала в реакторе;  $V$  — расход циркулирующей среды в реакторе;  $x$  — коэффициент рециркуляции среды;  $C_0 = \Delta m / V$  — концентрация вещества, выделяющегося из материала в реакторе.

В №7-97 г. мы начали знакомить читателей с отделочными материалами и технологиями, которые представляет на российском рынке фирма «Хягери-М». В этом номере – рассказ об отделке стен материалами постоянного партнера «Хягери-М» – немецкой фирмы «Jaeger», известного в Европе производителя лакокрасочных материалов и спецпродуктов для отделочных работ.

## Мозаичные краски «Jaeger»



Мозаичный эффект хорошо знаком отделочникам. Сочетание небольших точек различных цветов на поверхности создает впечатление неповторимости, индивидуальности отделки. Кроме этого, оптическое восприятие мозаичного эффекта существенно отличается от восприятия монотонно окрашенных поверхностей.

До недавнего времени широкому распространению мозаичной окраски препятствовала высокая трудоемкость процесса, который требовал многократного (в зависимости от числа цветов) нанесения точечного набрызга. При этом использовался примитивный инструмент, который не всегда позволял добиваться однородности точек. Как правило, эти работы выполняли высококлассные маляры с большим опытом работы.

Современные технологии производства лакокрасочной продукции позволили объединить многостадийный процесс в одну рабочую операцию, в результате которой на поверхности образуется мозаичный рисунок.

Боле 20 лет немецкая фирма «Jaeger» специализируется на разработке и производстве мозаичных красок. Последним достижением фирмы в этой области является группа красок «Mosaik Design 982».

**Мозаичная краска «Mosaik Design 982»** – готовый к применению многоцветный лак на основе алкидной полимеризованной смолы, эмульгированной и стабилизированной в вязкой жидкости (ноу-хау фирмы «Jaeger»).

Краски «Mosaik Design 982» имеют богатую цветовую палитру (см. вкладку) и рекомендуются для декоративного оформления внутренних помещений в офисах, квартирах, промышленных зданиях, гостиницах, ресторанах, школах и др.

Краски «Mosaik Design 982» разделены по цветам на три серии.

Серия «**Natur Design**» включает краски «природных» цветов (мрамор, гранит, лазурит и др.).

В серию «**Object Design**» вошли универсальные пастельные цвета и оттенки, которые были специально разработаны для предметной и объектной отделки. Мелкозернистая структура краски оптически сглаживает небольшие неровности, делает поверхность немаркой.

Цена серии «**Kreativ Design**» особенно хороши для изысканных представительских объектов.

Краски «Mosaik Design 982» можно наносить только на загрунтованные деревянные, металлические, оштукатуренные, гипсокартонные поверхности.

Технология нанесения мозаичных красок включает подготовительный и покрасочный процесс. Следует помнить, что мозаичные краски не скрывают дефектов окрашиваемых поверхностей – неровности, трещины, швы и др. Поэтому подготовка поверхности под окраску должна включать не только очистку и грунтование, но и тщательное выравнивание стен.

В отличие от других, мозаичные краски наносят только с использованием воздушных компрессоров. Наилучшее качество покраски и оптимальный расход материала достигается с помощью компрессоров низкого давления немецкой фирмы «Sihlon» (Рис. 1), которая многие годы сотрудничает с фирмой «Jaeger» в этом направлении.

По своим эксплуатационным свойствам мозаичные краски выгодно отличаются от многих других красок. Поверхности, окрашенные ими хорошо моются, в том числе с использованием стиральных и чистящих абразивных средств, не теряя при этом первона-

чального вида, долговечны, устойчивы к истиранию. Время высыхания после нанесения краски: на «оттис» 8 ч, до полного высыхания – 24 ч, окончательный набор эксплуатационной прочности – 7 сут.

Краска поставляется готовой к применению в 10-литровых металлических герметически закрытых банках. Перед заливкой в краскопульт компрессора ее аккуратно (только вручную) перемешивают. Особое внимание следует обратить на то, что структура краски категорически не позволяет применять электромеханические способы перемешивания, потому что будут разрушены мелкие частицы разного цвета, которые и создают мозаичный эффект.

Работа с красками «Mosaik Design 982» не требует от маляров специальной подготовки или особых навыков, необходимо только тщательно соблюдать технологию. Поэтому практически каждая строительная фирма может освоить эту технику и придавать неповторимый облик любому объекту.



Рис. 1

# «Вилла Венеция» серия известковых штукатурок нового поколения

У этих материалов своя история. Один из руководителей фирмы «Jaeger» – управляющий директор Герхарт Швайцер часто проводит отпуск в поездках по Италии. Там он познакомился с итальянским предпринимателем, который пользовался оригинальными техниками настенной росписи и специальными красками. Результатом такого знакомства стала разработка серии материалов для массового применения в строительстве – «Вилла Венеция».

Это группа декоративных штукатурок, состоящих из мраморной и гранитной пыли и гашеной извести. Известно, что в основе твердения всех материалов на основе извести лежит процесс ее карбонизации (образование известкового камня). Поэтому для набора прочности каждого слоя такого материала необходим минимум день. Это, конечно, увеличивает продолжительность отделки, но существенно повышает ее прочность и долговечность.

Отметим, что основа технологии применения этих материалов – традиционная для русских штукатурок техника заглаживания, которая в последнее время несколько уступила позиции механической окраске и торкретированию. Сегодня техника заглаживания относится к разряду элитных, применяемых на дорогих объектах. Это обусловлено высокой стоимостью как самого материала, так и трудоемкостью и длительностью работ.

Однако результат стоит затраченных средств и усилий. Неповторимый рисунок, оптическая прозрачность, приуменьшая игра света и высокая долговечность покрытия – неполный перечень достоинств нового покрытия.

Для выполнения работ в этой технике необходимо иметь специальный инструмент. Губчатая тер-



ка служит для фактурной обработки тонкозернистых поверхностей (рис. 2-а). Специальные шпатели – для пятнообразного нанесения и полирования «Stucco Veneziano» (рис. 2-б). Их изготавливают из закаленной полированной стали, поэтому они не ржавеют и не срабатываются даже при длительной эксплуатации и больших нагрузках. Для предварительного шпаклевания отдельных поверхностей используют заглаживающую кельму из закаленной нержавеющей стали (рис. 2-в).

Открывает серию новых штукатурок группа «Stucco Veneziano». Эта оригинальная венецианская техника предусматривает исполнение только одним цветовым тоном, наносимым в несколько слоев.

Отделяемую поверхность тщательно шпаклюют (желательно одной из шпаклевок фирмы «Jaeger», например Jaeger Stucco Fondo, так как они наиболее совместимы с другими ее продуктами) (рис. 3, позиция 1). Неровности и заусенцы заглаживают наждачной бумагой зернистостью Р 240–320. При необходимости получить поверхность темного глубокого цвета ее после оштукатуривания покрывают специальным тоном Jaeger.

Первый слой «Stucco Veneziano» наносят тонкими шпательными мазками с помощью специального

шпателя отдельными пятнами в разных направлениях (рис. 3, позиция 2). После его высыхания (карбонизации) наносит еще 2–3 слоя таким же приемом (каждому слою необходимо дать высохнуть!). При этом последний слой наносит с особой тщательностью, контролируя качество всей поверхности, качество окрашивания (во избежание цветowych «провалов», не предусмотренных заранее) (рис. 3, позиция 3). Затем поверхность шлифуют и полируют наждачной бумагой зернистостью Р 600–1200. В некоторых случаях (в зависимости от назначения помещения, условий эксплуатации и др.) можно защитить поверхность специальным финишным воском (Kroneg Wachs Finish), который наносит кельмой и полируют шпателем до блеска (рис. 3, позиция 4).

На первой странице обложки показан пример применения техники «Stucco Veneziano» (стена, бордюр, колонна).

Вторая группа материалов «Вилла Венеция» – «Antiqua». Это тонкодисперсная штукатурка, состоящая из сбалансированной смеси мраморных и гранитных включений и извести, прошедшей специальную подготовку. Материал длительное время сохраняет цвет, обладает высокой адгезией к поверхности, пародиффузионен. Это делает его незаменимым при ремонте и реставрации памятников архитектуры.

Выровненное и зашпаклеванное основание покрывают специальной грунтовкой Jaeger Mineralgrund, которая улучшает адгезию к бетонным, гипсовым и окрашенным поверхностям.

«Antiqua» стандартного белого цвета наносит в два слоя. Второй



Рис. 2 Специальный инструмент Jaeger



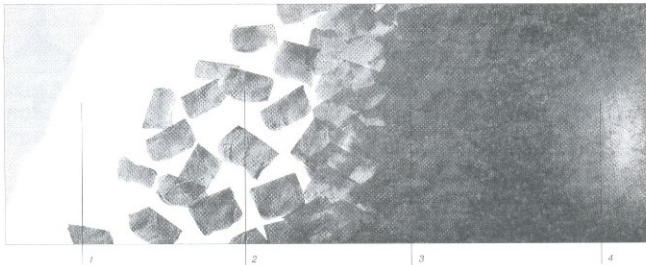


Рис. 3

слои материала уплотняют специальной губчатой теркой. Это выравнивает поверхность и делает кристаллы минералов более фактурными (выпуклыми).

Для получения «облачных» поверхностей специальный материал Jaeger Antiqua Finish разбавляют водой в соотношении 1:8 и пигментируют концентрированным тоном Jaeger (до 10%). Готовый материал наносят губкой или щеткой снизу вверх.

Для создания более плавных цветовых переходов и особенной прозрачности «облаков» рекомендуется перед нанесением Jaeger Antiqua Finish уладнить поверхность. Завершающий слой при этом свободно растекается по поверхности, легко проникая в основу.

Чтобы защитить «облачную» поверхность снаружи применяют специальный продукт Jaeger Kronen Hydrophobierung.

Третья группа штукатурок серии «Вилла Венеция» — «Fresco Veneziano». Эти материалы также предназначены для внутренней и наружной отделки зданий. При этом наружную отделку необходимо защищать Jaeger Kronen Hydrophobierung.

Материалы группы «Fresco Veneziano» заняли промежуточное положение между традиционными штукатурками и отделкой из натурального камня или других штучных материалов. Отполированная поверхность верхнего слоя создаст иллюзию натурального камня, не уступая ему в декоративности, экологичности, а в ряде случаев и прочности.

На подготовленную поверхность специальной заглаживающей кельмой наносят и припрессовывают 2–3 слоя «Fresco Veneziano». Последний слой полируют.

При использовании так называемой антик-техники, на подготов-

ленную поверхность сначала наносят слой «Antiqua», затем — два слоя «Fresco Veneziano» одного цвета разной интенсивности, причем первым — более темный.

Таким образом, новая серия декоративных штукатурок «Вилла Венеция», поставляемая фирмой «Хагери-М» может существенно разнообразить палитру отечественных дизайнеров и отделочников. Кроме этого, новые материалы позволят многим реализовать свои художественные наклонности в хобби и совместить приятное с полезным при ремонте квартиры или коттеджа.

*Специалисты еще раз убеждаются, что описанные технологии в общей несложны, но требуют аккуратности, немного фантазии и тщательного соблюдения технологии. Поэтому они могут быть доступны практически всем, в первую очередь профессионалам.*



## ХАГЕРИ-М Центральный офис

Россия, 103104 Москва,  
ул. М. Бронная 12, офис 22  
Тел.: (095) 926-4784, 926-4785  
Факс: (095) 926-4786

## ХАГЕРИ-М Интерьер-салон

Россия, 119270 Москва,  
Фрунзенская наб., 52  
Тел.: (095) 242-2841  
Тел./факс: (095) 242-8474



# КОНКУРС ДЛЯ ЖУРНАЛИСТОВ

23 июля 1997 г. – 1 февраля 1998 г.

1 место – Поездка в Данию

2 место – Видеокамера

3 место – Профессиональный фотоаппарат



Гострой РФ совместно с Минстроем Московской области и администрацией г. Лыткарино проводит конкурс среди журналистов на лучшую публикацию по теме «Реконструкция устаревших жилых зданий с возведением мансардных этажей».

Целями конкурса являются:

1- привлечь интерес СМИ к проблеме реконструкции устаревших жилых зданий и уже осуществленным проектам с возведением мансардных этажей, опыт реализации которых можно использовать для последующей разработки региональных программ реконструкции жилья;

2- способствовать активному объективному информированию общественности о перспективных технологиях реконструкции устаревших жилых зданий путем достройки мансардных этажей;

3- привлечь внимание к данному вопросу государственных и общественных организаций, финансовых структур и строительных компаний.

Жюри конкурса возглавляет заместитель министра строительства Российской Федерации академик архитектуры Лев Васильевич Хихлука.

Члены жюри:

А. Н. Сливак, профессор (Гострой РФ), И. Б. Захаров, академик (Минстрой Московской области), В. В. Шубин, вице-мэр города Лыткарино, А. К. Кучуев, руководитель пресс-центра Минстроя Московской области.

Принять участие в конкурсе могут журналисты российских газет, журналов, теле- и радиоканалов. Конкурсные работы должны раскрывать проблемы устаревшего жилого фонда и возможности его реконструкции с возведением мансардных этажей, быть опубликованы или выданы в эфир.

С особым вниманием жюри будет рассматривать раскрытие в конкурсных работах социально-экономического и архитектурно-строительного аспектов, а также литературно-художественную форму.

Получить дополнительную информацию и заявить о своем намерении участвовать в конкурсе можно по телефонам (095) 912-2272, 911-6642

Направлять опубликованные материалы (газеты, журналы, видео-, аудиозаписи, эфирные скриншоты) следует по адресу: 103009, Москва, Главпочтамт, а/я 357.

По случаю объявления о проведении Конкурса «Реконструкция устаревших жилых зданий с возведением мансардных этажей» в Лыткарино Московской области состоялась не совсем обычная пресс-конференция.

Журналистов пригласили посетить один из реконструируемых четырехэтажных домов в подмосковном Лыткарино. Этот экспериментальный проект был запущен в феврале 1997 г. и осуществляется при участии Министерства строительства Дании. В нем будут реализованы все основные задачи реконструкции: увеличена жилая площадь дома за счет надстройки мансарды, улучшены теплотехнические параметры здания за счет утепления ограждающих конструкций и установки современной запорной и регулирующей аппаратуры, улучшено качество жилья и экономичность его эксплуатации.

Об актуальности задачи реконструкции жилья первых массовых серий, составившая журналистам заместитель министра строительства РФ, председатель жюри Конкурса Л.В. Хихлука. Особое внимание он уделил роли СМИ в формировании общественного мнения по вопросу реконструкции пятиэтажек.

Начальник управления научно-технических программ департамента строительства Минстроя Московской области И.Б. Захаров осветил основные технические сложности, возникающие при реконструкции, особенно если речь идет о пятиэтажках.

У главы Лыткарино А.В. Захарова свои проблемы. Одна из самых трудных – работа с гражданами, проживающими в домах, которым предстоит пережить реконструкцию без отселения. Надо отметить, что и в европейской методиках реконструкции работе с населением придается первостепенное значение, применен си достаточно сложная правовая основа.

Журналисты смогли осмотреть строительную площадку – крышу реконструируемого дома, под которой живут люди. Скоро в новых двухуровневых квартирах мансарды справят новоселье семьи военнослужащих. С учетом опыта пилотного проекта реконструкции пятиэтажек в Лыткарино будет продолжена.

фото А. Фесенко



Захаров И.Б. – начальник управления научно-технических программ Департамента строительства Московской области.



Лыткарино. Реконструкция 4-этажного жилого дома с возведением мансардного этажа без отселения жильцов.



Захаров А.В. – глава города Лыткарино, Хихлука Л.В. – академик архитектуры, заместитель министра строительства РФ

Г.И. СТОРОЖЕНКО, Г.В. БОЛДЫРЕВ, кандидаты техн. наук (фирма «Баскей», г. Новосибирск),  
В.А. КУЗУБОВ, инженер (фирма «Сибирь-объединение», г. Красноярск)

## Механохимическая активация сырья как способ повышения эффективности метода полусухого прессования кирпича

Технология полусухого прессования кирпича в последние годы в Сибири получила широкое распространение не только из-за истощения многих месторождений среднепластичных гли и суглинков, но и по причинам экономического характера. Снижение энергоемкости производства, значительно меньшая потребность в производственных площадях, возможность использования умеренно пластичных суглинков в качестве основного сырья — все это делает получение кирпича полусухим способом прессования экономически более выгодным.

Признавая очевидные достоинства указанной технологии, следует отметить, что она не обеспечивает возможности существенно улучшить технологические свойства сырья, на котором работают заводы Новосибирской области и степных районов Красноярского края. Сырьевая база здесь представлена лесовидными суглинками мелкодисперсными, алевролитопесчаными, содержащими малое количество глинистых (7–15%) при большом количестве пылеватых частиц (до 50%), что обуславливает неудовлетворительные технологические качества этого сырья.

Авторами разработана технология получения керамического кирпича полусухим способом прессования с механохимической активацией сырья, в которой в отличие от традиционных методов подготовки пресс-порошка на стадии помола принципиально изменяется физико-химическое состояние минеральных частиц сырья. Использование технологии обеспечивает:

- более высокую дисперсность и микрошероховатость частиц пресс-порошка;
- высокую концентрацию поверхностных и объемных структурных дефектов, а также стабилизацию этого высокоактивного состояния до начала спекания;
- самопроизвольную концентрацию глинистых частиц на поверхности более твердых минералов (кварца и др.) в виде тонких слоев.

Механохимическая активация сырья осуществляется в измельчительно-сушильном агрегате (ИСА), принципиальная схема которого показана на рисунке. Глинистое сырье, поступающее из глинозапасника, перерабатывается на камневальцевальных вальцах и по ленточному транспортеру 9 поступает в питатель 1, откуда равномерно подается в сушильную трубу ИСА 2. Через трубу проходит теплоноситель, объем и температура которого определяются производительностью установки и влажностью подаваемого на обработку сырья.

Сушка и помол глинистой породы осуществляются в псевдоожиженном слое, где частицы ее движутся в сложном турбулентном потоке газа, создаваемом работой не только дымососа, но и колеса-активатора 3, вращающегося в горизонтальной плоскости. При этом горизонтальная составляющая скорости движения частицы в любой точке в несколько раз выше вертикальной ее составляющей.

В завихренном потоке происходит сепарация частиц и их измельчение за счет трения о стенки ИСА и соударения частиц разной массы и природы друг с другом. Это обеспечивает достижение высокой дисперсности частиц и появление у них поверхностных и объемных структурных дефектов. Что касается самопроизвольной концентрации глинистых минералов на поверхности частиц кварца, то объясняется это тем, что при столкновении частиц друг с другом и с внутренней поверхностью ИСА, при дисперсировании, когда микрочастицы, отрываясь, захватывают заряд с макротела (баллоэлектризация), а также в результате адсорбции газовых ионов у частиц аэрозоль в сушильной трубе возникает межфазный потенциал. При этом частицы аэрозолей оксидов металлов обычно приобретают отрицательный заряд, а оксиды неметаллов заряжаются, как правило, положительно [1]. Поэтому при механохимической активации суглинков в кипящем слое частицы кварца приобретают заряд, противоположный поверхностному заряду частиц глинистых минералов, что приводит к их электростатическому взаимодействию и становится причиной их самоорганизации.

Измельчительно-сушильный агрегат разрабатывался для нескольких видов глинистого сырья, поэтому для регулирования технологических параметров процессов

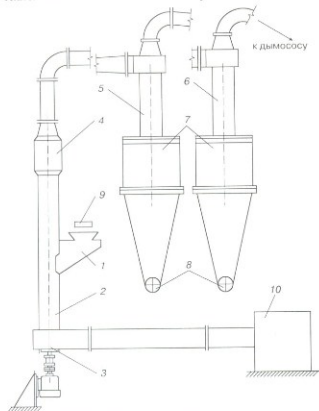


Схема измельчительно-сушильного агрегата:  
1 — питатель; 2 — сушильная труба; 3 — колесо активатора; 4 — активационная камера; 5, 6 — группы батарейных цилиндров; 7 — бункер запыленного порошка; 8 — шлюзовая питатель; 9 — ленточный транспортер; 10 — теплогенератор

сушки и помола в верхней части ИСА предусмотрена дополнительно активационная камера 4, объемом которой можно регулировать с помощью переменной в ней трубы.

Полученный порошок температурой не ниже 60°C поступает после очистки пылевоздушной смеси в системе батарейных циклонов 5, 6 в бункера запаса сухого порошка 7.

**Техническая характеристика  
измельчительно-сушильного агрегата**

Производительность по сухому порошку, т/ч	7-10
Удельный расход электроэнергии*, кВт/т	11, 25
Температура теплоносителя, °C (max/min)	250/80
Удельный расход теплоты на сушку, кДж/кг ал.	4050
Влажность подаваемого на сушку сырья, %	до 20
Максимальная крупность кусков сырья, подаваемого в ИСА, мм	30
Влажность активированного порошка, %	2-3
Гранулометрический состав получаемого порошка, %:	
размер частиц, мкм	
менее 20	30-50
от 20 до 100	10-30
от 100 до 300	остальное

\* Дается с учетом мощности двигателя дымососа ДН-12,5.

Получение пресс-порошка формовочной влажности при сухой масшоподготовке сырья существенно отличается от традиционного, поскольку высокая дисперсность исходного материала затрудняет его увлажнение и гомогенизацию в двухвальном и стержневом смесителях. Оптимальным, на наш взгляд, является получение пресс-порошка в виде гранул в смесителе-грануляторе

непрерывного действия, например, конструкции Дзержинского НИИхиммаша. Как показали исследования и заводской опыт, из пресс-порошка такой структуры получаются наиболее качественные изделия.

Практическая реализация метода механохимической подготовки исходного сырья в производстве керамического кирпича проводилась на заводах, реконструированных или построенных по технологии, разработанной авторами [2].

Сырьевой базой этих производств служили сульфитки от легких до средних, в большинстве своем пылеватые. Это относится к заводам Красноярского края (Идринское, Канск, Шунеры), Новосибирской области (пос. Кирова, Верхний Коен). В г.Чусте Наманганской области Республики Узбекистан, где завод был пущен в ноябре 1996 г., разведенное месторождение глинистого сырья содержит 12-18% CaO, и механохимическая активация его в ИСА позволила устранить вредное влияние карбонатов.

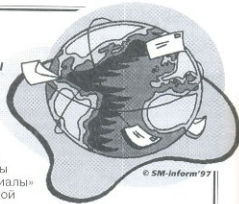
Результаты заводского опыта показывают, что применение метода механохимической активации глинистого сырья позволяет значительно повысить качество изделий, получаемых в рамках традиционной технологии их изготовления полусухим способом прессования. Поскольку при этом не требуется существенного изменения большинства технологических процессов, а коммерческие свойства изделий значительно повышаются, то в целом использование стадии механохимической активации сырья приводит и к улучшению экономических показателей производства керамических изделий. Наконец, несомненным достоинством указанного метода является и то, что он эффективен при использовании низкосортного сырья, чем значительно расширяет сырьевую базу для производства стеновой керамики в Сибирском регионе.

**Список литературы**

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии: Поверхностные явления и дисперсные системы // М.: Химия, 1988. С. 111-118.
2. Кузубов В.А., Староженко Г.И. и др. // Изв. ВУЗов. Строительство, 1995. № 9. С. 120.

**SM-inform**

**СМ-информ** -  
структурное подразделение  
рекламно-издательской фирмы  
«Стройматериалы» -  
**предлагает авторам  
и рекламодателям**



© SM-inform '97



По всем вопросам  
Вы можете обратиться  
по телефону:  
**(095) 124-32-96**

- ☒ дополнительную (к тиражу журнала) адресную рассылку с использованием собственной специализированной базы данных журнала «Строительные материалы» с опубликованными статьями и рекламой
- ☒ рассылку информационных и рекламных материалов фирм и организаций

**Оказывает услуги специалистам по предоставлению информации из собственной специализированной базы данных:**

- ☒ название предприятия-производителя
- ☒ почтовый адрес адрес и средства связи
- ☒ информация о производимых товарах и услугах



Ю.В. МАКСИМОВ, канд. техн. наук (НИИЖБ), А.А. КАПУСТКИН, директор фирмы «Монтажстройиндустрия», В.В. КОЗЛОВ, д-р техн. наук (МГСУ), В.И. ФАДЕЕВ, гл. инженер «Моспроект-2», Г.К. СОЛОВЬЕВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Технологические аспекты пропиточной гидроизоляции железобетонных конструкций

В практике гидроизоляционных работ наибольшее распространение получили окрасочная, штукатурная, оклеенная гидроизоляция [2]. Им свойствен ряд недостатков: малая долговечность, высокие трудозатраты, невозможность проведения работ при отрицательных температурах, увеличение размеров сечения защищаемой конструкции. От указанных недостатков свободна пропиточная гидроизоляция, в том числе выполняемая пропиткой цементного бетона низковязкими мономерами с их последующей полимеризацией в поровом пространстве бетона, т.е. выполняемая по технологии бетонополимеров.

В настоящее время имеется достаточный отечественный и зарубежный опыт исследования и применения технологии бетонополимеров [1]. Но эта методика требует тщательной сушки пропитываемого бетона и условий, препятствующих летучести пропиточных композиций. Указанные обстоятельства накладывают ограничения на возможность применения пропиточной гидроизоляции низковязкими мономерами эксплуатируемых железобетонных конструкций. В связи с этим были исследованы технологические мероприятия, обеспечивающие поверхность пропитку эксплуатируемых железобетонных конструкций мономерами.

Большое влияние на физико-химические и механические свойства бетонополимера оказывает степень его насыщения органическими мономерами, которые после полимеризации образуют в порах бетона разветвленную сеть полимера. В свою очередь, степень насыщения зависит от многих технологических

параметров и свойств исходных материалов: пористости, времени пропитки и влажности.

Поэтому в технологическом процессе получения бетонополимеров одним из его основных этапов является высушивание бетонной матрицы. Навыачение этого этапа состоит в освобождении порового пространства от влаги для проведения более полной последующей пропитки бетона мономерами и последующей полимеризации. Наличие влаги в порах и капиллярах бетонной матрицы перед модифицированием снижает качество пропитки и соответственно ухудшает показатели бетонополимеров. Уменьшение содержания влаги в бетоне приводит к увеличению привеса полимера и росту прочности бетонополимера. Применяемые для пропитки доступные мономеры (метилметакрилат, стирол) имеют гидрофобный характер и в воде практически нерастворимы. Влага ограничивает проникновение мономеров в поровое пространство бетона в связи с образованием «пробок» в капиллярах и порах и тем самым препятствует образованию адгезионных связей между мономерами и бетоном.

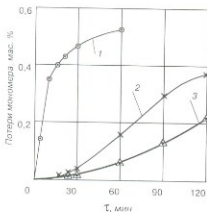
В результате проведенных исследований по первому направлению было установлено, что эффективность пропитки влажного бетона повышается при введении в пропитывающий состав полярных растворителей. Это уменьшает гидрофобность пропиточной композиции и повышает растворимость в ней воды при снижении поверхностного натяжения последней, что позволяет удалять водные пробки в поровом пространстве бетона. В таблице приведены результаты про-

питки такой композицией цементного бетона влажностью 3–5%. Для пропитки бетона использовалась низковязкая композиция на основе метилметакрилата, отверждаемая перекисными соединениями (НВК).

Пропитка влажного бетона составом, содержащим в качестве мономера — метилметакрилат, инициатора полимеризации — порофор, полярного органического растворителя — ацетон, позволяет в 1,5–2 раза повысить прочность пропитанного бетона и в несколько раз снизить водопоглощение. Однако увеличение концентрации полярного растворителя выше 6–10% (см. таблицу) приводит к постепенному снижению прочности и увеличению водопоглощения. Это объясняется тем, что в пропиточном составе уменьшается доля полимеризуемого компонента, а увеличение концентрации полярного растворителя благоприятствует проникновению воды в поры бетона, ранее не доступные для нее. На сколах разрушенных образцов хорошо видно, что водопоглощение носит в основном поверхностный характер, так как верхняя (до 0,5 мм) часть пропитанного слоя менее насыщена полимером, чем нижняя.

Низковязкие полимерные композиции, используемые для пропитки бетона, характеризуются высокой летучестью, составляющей 20–30% массы композиции. Такие потери необратимы, но усложняют условия охраны труда. Мероприятия по снижению испарения компонентов в технологии бетонополимеров [1] неспроста при поверхностной пропитке эксплуатируемых железобетонных конструкций. Проведенные исследования показали, что наиболее эффективными мероприятием в условиях поверхностной пропитки, снижающим летучесть метилметакрилата (ММА), является введение в состав пропиточной композиции парафина, являющегося смесью предельных жирных алифатических углеводородов (ПАУ). Парафин вследствие малой плотности и низкой рас-

Пропиточный состав	Предел прочности при сжатии, МПа		Водопоглощение, мас. %	
	до пропитки	после пропитки	до пропитки	после пропитки
НВК	32	75,4	4,7	2,9
НВК, ацетон (2%)	32	86,1	4,7	1,2
НВК, ацетон (5%)	32	98,5	4,7	1,0
НВК, ацетон (15%)	32	78,0	4,7	1,9



**Кинетика испарения НВК с поверхности бетона:**  
 1 — НВК без добавок; 2 — НВК с добавкой 0,5% ПАУ; 3 — НВК при  $t = -15^{\circ}\text{C}$

творности в MMA образует на поверхности пропиточной композиции эластичную сплошную пленку, которая подавляет процесс испарения мономера. На рисунке представлены результаты исследования кинетики испарения состава НВК без добавки ПАУ (кривая 1) и с добавкой 0,5% ПАУ (кривая 2).

Следует отметить, что введение ПАУ в состав НВК в количестве 0,5% по массе снижает летучесть MMA в среднем в 40 раз. При этом наиболее интенсивно летучесть снижается в течение первых 30 мин, т. е. в период geleобразования и наиболее интенсивной полимеризации. Анализ кривой 3 (см. рисунок) показывает, что снижению летучести MMA способствует снижение температуры окружающей среды без снижения качества пропиточной гидроизоляции. Из этого следует, что гидроизоляция железобетонных конструкций пропиткой мономерами — практически единственный вид гидроизоляции, которую можно осуществлять в зимнее время.

Для достижения водонепроницаемости и высокой морозостойкости бетона достаточной глубины пропитки 8–15 мм. Для этого глубина сушки не должна существенно превышать указанного значения [1].

Перед пропиткой поверхность бетона должна быть высушена на глубину 8–15 мм до остаточной влажности 1–1,5% [3]. Сушку проводят обычно конвективным контактным и радиационным способами в специальных промышленных установках. Продолжительность сушки может колебаться от 8 до 48 ч. В нашей работе были исследованы методы, с одной стороны, снижающие энергозатраты, с другой — сокращающие время сушки.

В связи с тем, что сушка бетона продолжительна по времени [1],

был исследован следующий способ поверхностной сушки. Поверхность влажного бетона на ограниченном участке пропитывалась ацетоном на глубину до 10 мм с последующим поджогом при соблюдении правил противопожарной безопасности.

Исследования показали, что при таком способе сушки влажность бетона в поверхностном слое снижается от 6–10 до 0,5–1,0% в течение 3–5 мин. При этом температура бетона в поверхностном слое не превышала  $100^{\circ}\text{C}$ . При сушке поверхностного слоя бетона вследствие температурного градиента возникает сложонапряженное состояние, в котором для бетона наиболее опасными являются растягивающие напряжения. Анализ сложонапряженного состояния бетона при действии температурного градиента методом конечных элементов показал, что уровень растягивающих напряжений не превышает 0,1–0,3 МПа (в зависимости от класса прочности бетона), это заведомо ниже предела прочности бетона при растяжении. Рентгеноструктурный анализ образцов бетона до и после сушки исследованным методом показал, что кристаллическая и гелевая составляющие цементного камня не претерпевают каких-либо изменений.

Таким образом, применение предложенного способа сушки поверхностного слоя бетона не снижает его прочностных свойств и трещиностойкости. Физико-механические свойства бетонов, пропи-

танных мономером с применением разработанного способа сушки, коррелируются с данными, приведенными в таблице.

Пропиточная гидроизоляция железобетонных конструкций с разработанными элементами технологии (пропиточные составы пониженной летучести, методы интенсивной сушки бетона, производство работ при отрицательной температуре) нашла широкое применение на строительных объектах возводимого Храма Христа Спасителя в Москве. Была проведена гидроизоляция железобетонной фундаментной плиты Храма в зимние месяцы 1995 г., бетонных поверхностей сплюсчатой части.

В процессе производства работ осуществлялся пооперационный контроль. Натурные испытания гидроизоляционных покрытий, проведенные в 1996–1997 гг., показали высокую надежность разработанной технологии.

Общая площадь пропиточной гидроизоляции на объектах Храма Христа Спасителя составила 50000 м<sup>2</sup>.

#### Список литературы

1. Баженов Ю. М. Бетонполимеры. М.: Стройиздат, 1983.
2. Панасенко С. Н. Справочник по гидроизоляции сооружений. М.: Стройиздат, 1975.
3. Рекомендации по ремонту и восстановлению железобетонных конструкций полимерными составами. М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1986.

*Проклеивание,  
комлектация,  
сирошьельсво*



## «СТРОМТЕХНИКА»

КИРПИЧНЫЕ ЗАВОДЫ  
ПОЛУСУХОГО ФОРМОВАНИЯ  
ЛИЦЕВОГО КИРПИЧА

**Перевод производств  
с пластического  
метода формования  
на полусухое  
с гарантированным  
снижением себестоимости  
кирпича в два раза**

Подробнее читайте в журнале  
«Строительные материалы»  
№№ 2/93, 10/96

**344092, г. Ростов-на-Дону,  
ул. Волкова, 10/1, офис 88**

Тел.: (8632) 35-35-12  
Факс: (8632) 35-89-99  
E-mail: strom@ms.unird.ac.ru  
Internet: www.icomms.ru/home/strom/

## Регенерация тепловой энергии при тепловлажностной обработке изделий в автоклаве

В последние годы конъюнктура на российском рынке энергоносителей изменилась в сторону приближения цен на них к реальным мировым ценам. Это привело к тому, что энергозатраты теперь составляют существенную часть себестоимости продукции, что, в свою очередь, заставило предприятия обратить внимание на проблему экономии энергии. Одним из путей обеспечения такой экономии является использование тепловых отходов, которые возникают при проведении многих производственных процессов. Иногда эти тепловые отходы могут быть использованы в самом технологическом процессе. В других случаях их можно уступать стороннему потребителю.

Разумеется, наиболее целесообразным способом утилизации тепловых отходов является их использование непосредственно в технологии. Такая утилизация оказывается особенно эффективной в непрерывных технологических процессах, в которых можно использовать принцип противотока.

Если же тепловлажностная обработка строительных материалов в автоклаве производится в периодическом цикле, принцип противотока осуществить невозможно. В данном случае наиболее целесообразно использовать тепловую энергию в технологическом процессе путем перепуска пара из автоклава, в котором цикл обработки завершился (автоклава-источника), в автоклав, в котором этот цикл начинается (автоклав-приемник).

*Возможны две схемы перепуска пара:*

- прямой перепуск, при котором пар из автоклава-источника поступает в автоклав-приемник непосредственно;
- перепуск через промежуточный накопитель тепловой энергии (аккумулятор).

*В обоих случаях перепуск пара может производиться в разном термодинамическом режиме:*

- в изохорном режиме, т. е. при постоянном объеме системы источник – приемник [1];
- в изобарном режиме, т. е. при постоянном давлении в автоклаве-приемнике.

Хотя для проведения перепуска пара в том или ином режиме практически не требуется никаких изменений в схеме обвязки автоклавов, эти режимы существенно отличаются друг от друга по своей эффективности.

Например, при традиционной схеме, предусматриваемой в проектах ГИПРОСТРОМа, и перепуске в изохорном режиме (который обычно и применяется на заводах) эффективность перепуска достаточно низка. Давление\* в автоклаве-источнике при этом удается снизить в среднем примерно лишь до 0,35–0,45 МПа, чему соответствует температура порядка 140–150°С.

Действительно, при перепуске пара в изохорном режиме начальное парциальное давление воздуха в автоклаве (в момент его герметизации) близко к атмосфер-

ному. При дальнейшем нагревании воздуха его парциальное давление повышается примерно до 0,15 МПа, создавая дополнительный термодинамический барьер, препятствующий движению пара. Вследствие этого при приближении температуры в автоклаве-приемнике к 100°С общее давление в нем составит около 0,25 МПа; с учетом перепада давления порядка 0,1 МПа, необходимого для обеспечения движения пара с требуемой скоростью, давление в автоклаве-источнике должно составить 0,35 МПа. На практике же это давление еще выше – примерно 0,35–0,45 МПа, чему и соответствует указанная выше температура.

В случае же перепуска пара в изобарном режиме давление в автоклаве-приемнике соответствует давлению насыщенного водяного пара, т. е. 0,1 МПа при 100°С, что позволяет снизить давление в автоклаве-источнике примерно до 0,2 МПа и температуру до 120°С. Поскольку количество теплоты, отдаваемой автоклавом-источником, практически пропорционально снижению температуры в нем, количество рекуперлируемого теплоносителя при этом примерно в 2 раза больше, чем при изохорном режиме. Приведенные выше данные были подтверждены результатами опытов, проведенных нами на Рязанском кирпичном заводе в 1975 г.

В итоге можно сказать, что при тепловлажностной обработке силикатного кирпича в автоклаве размером 2×19 м перепуск пара позволяет возратить в технологический цикл примерно:

- 2 ГДж/цикл при перепуске в изохорном режиме;
- 3,5 ГДж/цикл при перепуске в изобарном режиме.

Приведенные данные, иллюстрирующие эффективность перепуска при двух различных термодинамических режимах, представляют собой предел, которого удастся достичь при традиционной схеме, разработанной ГИПРОСТРОМом, и предложенном нами изобарном режиме. Эти данные свидетельствуют также, что основным препятствием для повышения эффективности перепуска являются возникающие при этом естественные термодинамические барьеры и что создание условий для преодоления этих барьеров (например, путем перехода с изохорного режима на изобарный или использование других оригинальных приемов) позволяет существенно повысить эффективность перепуска. Как показывают расчеты применительно к обработке силикатного кирпича в том же автоклаве, эти меры дают возможность дополнительно отобрать от автоклава-источника около 3 ГДж/цикл, что вместе с предыдущими 3,5 ГДж/цикл составляет около 6,5 ГДж/цикл, или более половины всей тепловой энергии, необходимой для проведения полного цикла тепловлажностной обработки. Эти меры приобретают особое значение в случае рекуперации теплоты при тепловлажностной обработке ячеистого бетона.

\* Всюду в тексте указаны абсолютные значения давления.

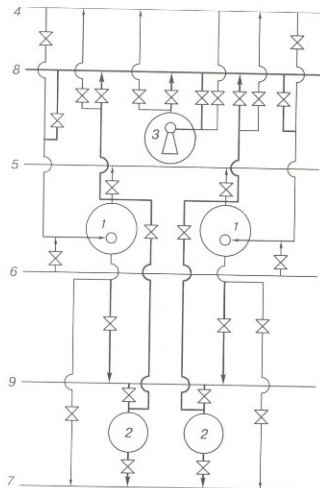


Схема системы рекуперации:

1 – автоклавы; 2 – сборник конденсата; 3 – аккумулятор теплоты; 4 – линия перепуска пара высокого давления; 5 – линия пароводов; 6 – паровая магистраль; 7 – линия удаления конденсата; 8 – линия перепуска пара низкого давления; 9 – линия накопления конденсата

Действительно, в случае обработки ячеистого бетона возникают дополнительные затруднения для рекуперации тепловой энергии. Эти затруднения сводятся в основном к следующему.

1. Небольшое число автоклавов и невозможность обеспечения 100 %-ной плотности циклограммы работы автоклавов и совпадения окончания цикла в автоклаве-источнике и начала цикла в автоклаве-приемнике.
2. Разная продолжительность периодов подъема и снижения температуры изделий и среды в автоклавах, вследствие чего отбор пара из источника и его подача в приемник должны производиться при разном расходе.
3. Высокая начальная температура ( $70^{\circ}\text{C}$  и выше) бетона, что создает трудности как в усвоении теплоты, так и в обеспечении требуемого перепада давления между источником и приемником. Например, при начальной температуре бетона  $79^{\circ}\text{C}$  для проведения рекуперации с максимальной эффективностью не-

обходимо нагреть изделия в конце рекуперации примерно до  $150^{\circ}\text{C}$ , чему соответствует давление порядка  $0,5\text{ МПа}$ . При начальной же температуре бетона  $45^{\circ}\text{C}$  его температура в конце рекуперации составила бы  $115^{\circ}\text{C}$ , чему соответствовало бы давление в автоклаве-приемнике  $0,17\text{ МПа}$ .

Введение аккумулятора тепловых отходов в систему рекуперации позволило бы устранить указанные в пп. 1 и 2 затруднения, однако при этом возникнут дополнительные термодинамические барьеры, которые в случае классической схемы сделают рекуперацию практически бессмысленной.

Для существенного повышения эффективности рекуперации и устранения рассмотренных выше затруднений (встречающихся также иногда при производстве силикатного кирпича) нами предлагается новое решение по конфигурации системы рекуперации теплоты и по режиму ее проведения. При использовании этого решения указанные термодинамические барьеры практически не влияют на эффективность перепуска даже при наличии аккумулятора.

Схема предлагаемой системы рекуперации представлена на рисунке. Для большей наглядности дополнительные (по сравнению с системой ГИПРОСТРОМа) трубопроводы и оборудование показаны жирными линиями. Как видно на рисунке, новая система отличается наличием дополнительной линии перепуска для пара низкого давления и соответствующей аппаратуры, а также емкостью для сбора конденсата, который при перепуске вскипает и возвращается в систему некоторое количество тепловой энергии. В этот сборник следует направлять только конденсат, температура которого выше температуры в автоклаве-источнике, поскольку теплоту конденсата с более низкой температурой не удается использовать при перепуске пара. Объем такого сборника составляет около  $5-10\text{ м}^3$ , а отбираемая от него теплота – около  $1\text{ ГДж/цикл}$  (при производстве силикатного кирпича).

Что касается аккумулятора тепловых отходов, то его следует предусматривать только при невозможности (по указанным выше причинам) осуществления прямого перепуска. Объем аккумулятора должен быть равен объему одного автоклава или в  $1,5-2$  раза больше него. Решение по объему аккумулятора принимается в зависимости от имеющихся возможностей.

Проведенные нами расчеты дали следующие результаты.

При тепловлажной обработке силикатного кирпича в указанном выше автоклаве новая система позволяет довести количество рекуперированной тепловой энергии примерно до  $6,5\text{ ГДж/цикл}$  вместо  $3,5\text{ ГДж/цикл}$  по традиционной схеме и изобарном режиме перепуска пара.

При стоимости тепловой энергии примерно  $20\text{ тыс. р./ГДж}$  и оборачиваемости автоклава порядка  $600$  циклов в год экономия составит около  $80\text{ млн. р./год}$ .

При тепловлажной обработке массивов из ячеистого бетона в автоклаве размером  $2,6 \times 32\text{ м}$  новая система позволяет довести количество рекуперированной тепловой энергии примерно до  $13\text{ ГДж/цикл}$  вместо  $5,5\text{ ГДж/цикл}$  по традиционной схеме и изобарном режиме перепуска пара.

При оборачиваемости автоклава порядка  $300$  циклов в год экономия может составить около  $80\text{ млн. р. в год}$ .

#### Список литературы

1. Хавкин Л.М. Технология силикатного кирпича. М.: Стройиздат, 1982.

## Технология получения магниезальных вяжущих из хлормагнезного сырья

Отличительные свойства магниезальных вяжущих – высокие скорость твердения и конечная прочность – позволяют обойтись без тепловых затрат при твердении изделий на их основе. Практически нейтральная жидкая фаза в отличие от щелочной цементной допускает значительно более эффективное использование в них органических наполнителей, и в первую очередь отходов деревообработки. Высокие эксплуатационные качества таких композиций – твердость, прочность, низкая теплопроводность, экологическая чистота и технологичность в применении – позволяют практически адекватно заменить ими древесину при устройстве полов, перегородок, дверных и оконных проемов, что особенно важно для южных безлесных районов России.

Традиционно магниезальные вяжущие ( $MgO$ ) получают обжигом природного магнезита ( $MgCO_3$ ). Однако месторождения последнего встречаются крайне редко. В силу ограниченности магнезитового сырья магниезальные вяжущие в нашей стране не производят. Порошок магнезитовый каустический ПМК-75 (ГОСТ 1216–87), рекомендуемый в качестве вяжущего, представляет собой отход – уловленную пыль производства слезного периклазового порошка. Это вяжущее обладает неравномерным изменением объема при твердении, что сопровождается короблением и растрескиванием до разрушения изделий на его основе. В связи с этим магниезальные вяжущие (ГОСТ 1216–87) практически не применяются нашей строительной промышленностью.

Перспективным сырьем для получения магниезальных вяжущих могут стать открытые в Нижнем Поволжье уникальные как по чистоте (содержание  $MgCl_2$  до 95–98 %), так и по запасам (около 500 млрд. т.) залежи природного бинофита. Волгоградский природный бинофит, представляющий собой спрессованный под высоким давлением вышележащих слоев камень (табл. 1), добывается способом выщелачивания в виде раствора минерализацией по  $MgCl_2$  – 420–450 кг/м<sup>3</sup> и плотностью 1,3–1,34 г/см<sup>3</sup>. Промышленного освоения эти залежи до настоящего времени не находят.

Таблица 1

Соль	Химический состав	Содержание, масс. %
Хлористый магний	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	90–96
Хлористый калий-магний	$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$	0,1–0,5
Селенитид-магний	$MgSeO_3 \cdot 7H_2O$	0,1–2,5
Бромистый магний	$MgBr_2$	0,4–0,95
Селенитид-кальций	$CaSeO_3 \cdot 2H_2O$	0,1–0,7
Хлористый натрий	$NaCl$	0,1–0,4

Нами разрабатывается гидратная технология извлечения магнезия из раствора бинофита с целью получения вяжущих на их основе. Сущность заключается в осаждении гидроксида магния известью по формуле  $MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCl_2$ , в отделении осадка,

промывке его водой и прокаливании до оксида по формуле  $Mg(OH)_2 = MgO + H_2O$ .

В лабораторных условиях определены и оптимизированы основные параметры процесса осаждения как определяющего предела данной технологии: pH среды, концентрация и молярное соотношение реагентов, температура и продолжительность осаждения. Исследовано влияние активности осадителя, «затравок» осадком, добавок флокулянтов. Отрегулировать режим обжига гидроксида магния. Получены магнезиы высокой активности и чистоты с содержанием основного вещества не менее 98 % (табл. 2). Магнезиальные вяжущие на их основе обладают высокими прочностью, скоростью твердения, безлизой и равномерным изменением объема при твердении. Сроки схватывания: начало – 28 мин, конец – 1,5 ч.

Таблица 2

Температура обжига, °С	Химический состав, %		Плотность, г/см <sup>3</sup>	Насыщенная прочность, кг/см <sup>2</sup>	Порозе, %	Плотность при скалывании, кг/см <sup>2</sup>	
	MgO	CaO				1 сут.	28 сут.
400	98	0,87	3,4	—	100	32,9	59,8
500	98,2	0,85	3,41	550	100	43,6	73
600	98,6	0,87	3,4	—	100	37,4	68,3

По экспериментальным данным разработана технологическая схема производства магнезии из раствора бинофита. Осаждение магнезия производят известковым молоком концентрации 10%  $CaO_{\text{д.т.}}$  в реакторах из нержавеющей стали. Суммарное время осаждения 60 мин. Для улучшения фильтрации магниезальную пульпу, полученную после отстойника Дорра, прогревают острым паром при 90°С в кристаллизаторе. Операцию прогрева можно исключить, если в магниезальную суспензию в конце осаждения ввести флокулянт – полиакриламид (ПАА) или его заменители в количестве 0,25–0,5 кг на 1 т  $MgO$ . Если при прогреве магниезальной пульпы фильтруемое осадка возрастает в 6–10 раз, то при введении ПАА – в 15–20 раз. Отделение и промывку производят на барабанных вакуум-фильтрах при рабочем разрежении 500 мм рт. ст. Фильтровальная ткань – технический тик. Паста дважды промывается 10- и 15-кратным количеством воды на репульпаторах. Отжатая на фильтре паста гидроксида магния влажностью 50–60 % предназначена для производства различных сортов магнезии.

Для получения активной магнезии пасту гидроксида магния продавливают через фильтры бункерного гранулятора и обжигают в печи кипящего слоя при 600–700°С. Учитывая склонность оксида магния к интенсивному пылению, разгрузку производят через осадительную систему.

Технология позволяет не только решить проблему сырья для магниезальных вяжущих, но и получить их более высокого качества, чем из традиционного сырья.



В.И. СОКОЛОВ, канд. техн. наук  
(Институт геологии Карельского научного центра, г. Петрозаводск)

## Свойства прессованных обожженных изделий из тальк-хлоритовых сланцев

В настоящее время тальк-хлоритовые сланцы используются для производства облицовочных плит, из них изготавливаются различные предметы бытового назначения и т.д. Известно, что после предварительной термообработки изделия из сланцев могут применяться для футеровки тепловых агрегатов [1]. Эти направления использования сланцев предполагают наличие блоков из них размерами, достаточными для изготовления соответствующих изделий. Расширение сферы применения сланцев связано с использованием их мелких фракций, что способствовало бы созданию безотходных производств, связанных с их добычей и переработкой, а также вовлечению в производство месторождений сильно рассланцованных сланцев.

Ранее было показано, что сланцы мелких фракций с успехом можно использовать в футеровке цоколей электрических ванн [2], а также как наполнитель, улучшающий качество керамических изделий [3]. В данной работе рассмотрена возможность применения сланцев для получения из них изделий методом прессования и улучшения их потребительских свойств термообработкой.

Тальк-хлоритовые сланцы, содержащие тальк, хлорит и карбона-

ты приблизительно в соотношении 5:2:3, использованы в виде порошка, полученного просеиванием дробленого материала через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Образцы цилиндрической формы высотой 3 см получены на пресс-форме при давлении от 30 до 400 кН. Образцы обжигали в электропечи со скоростью подъема температуры 2–3° в минуту. Выдержка образцов при достижении необходимой температуры составляла 3 ч.

Зависимость плотности и пористости образцов от давления прессования приведена на рис. 1. При увеличении давления от 30 до 400 кН плотность образцов возрастает от 2,39 до 2,72 г/см<sup>3</sup>, при этом их пористость уменьшается с 18 до 6%. Прочность образцов в зависимости от давления составляет от 1 до 6 МПа.

В результате обжига образцов уменьшается их плотность.

Для исследования свойств прессованных образцов из сланцев в качестве оптимального принято давление 200 кН. Зависимость свойств образцов при этом давлении прессования от температуры их обжига приведена в таблице.

В результате обжига, вследствие диссоциации карбонатов, дегидратации талька и хлорита, выноса части продуктов распада масса образцов

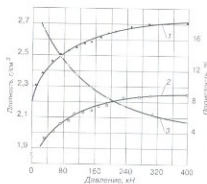


Рис. 1. Зависимость плотности и пористости прессованных образцов от давления: 1 — плотность образцов термообработки; 2, 3 — плотность и пористость образцов, обожженных при температуре 950°С

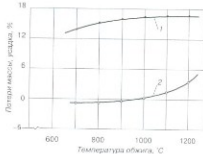


Рис. 2. Потери массы (1) и усадка (2) образцов в зависимости от температуры их обжига

Температура обжига, °С	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Эффективная пористость, %	Прочность при сжатии, МПа
100	2,68	1,3	7,2	4,5
600	2,35	10,5	18	7,5
700	2	11,37	25	12
800	2,17	13,15	28,6	16
900	2,18	13,62	29,6	40
1000	2,17	14	30,3	37
1100	2,23	12,9	28,8	28
1200	2,37	9,6	22,7	45
1250	2,67	1,42	3,8	55

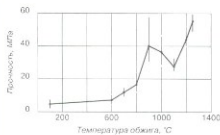


Рис. 3. Зависимость предела прочности при сжатии прессованных образцов от температуры их обжига. Вертикальными линиями показаны пределы изменения показателя прочности при соответствующих температурах обжига

уменьшается, а усадка, обусловленная спеканием за счет образования при разложении талька и хлорита стеклофазы, возрастает (рис. 2).

Расчет показал, что при температурах 1100 и 1200°C значение энергии активации спекания равно 5,68 кДж/моль. Она сопоставима с энергией активации спекания глины.

Следует отметить, что при обжиге до температуры около 900°C наблюдается не усадка, а увеличение размеров образцов, что связано со снятием напряжений в них в процессе термообработки. Особенно-

тью полученного материала является то, что при температурах обжига 900–1000°C он обладает максимальной пористостью (до 30%). Коэффициент теплопроводности такого материала составляет 0,7–0,8 Вт/(м·°C), что позволяет отнести его к материалам с хорошими теплозащитными свойствами.

Прочность образцов определяется температурой их обжига (рис. 3). При этом на кривой зависимости прочности от температуры обжига образцов при температурах 900–1000°C наблюдается максимум ее значения (около 40 МПа). Эта зависимость прочности от температуры обжига идентична соответствующей зависимости для термообработанных монолитных образцов [5].

Таким образом, результаты лабораторных исследований показали, что из мелких фракций сланцев прессованием и обжигом можно получать изделия с достаточно высокими эксплуатационными характеристиками. Керамические изделия с такими показателями свойств относятся к высококачественным.

Отметим, что формирование изделий с прочностью, достаточной для

сохранения их целостности перед обжигом, можно проводить и при более низком давлении прессования.

#### Список литературы

1. Соколов В.И., Рылеев А.В. Тальк-хлоритовые сланцы для футеровки вращающихся печей // Огнеупоры. 1989. № 11. 35–36.
2. Соколов В.И., Славин В.В., Зуев И.М. Тальк-хлоритовые сланцы и шунгиты в качестве новых футеровочных материалов // Цветные металлы. 1995. № 2. 31–34.
3. Соколов В.И. Свойства керамических материалов с наполнителем из тальк-хлоритовых сланцев. // Строительные материалы. 1995. № 7. 18–19.
4. Стрелов К.К., Кащеев И.Д., Мамыкин П.С. Технология огнеупоров. М.: Металлургия, 1988.
5. Славин В.В., Соколов В.И., Рылеев А.В. и др. Тальк-хлоритовый сланец как перспективный материал для футеровки алюминиевого электролизера // Цветные металлы. 1988. № 11. 56–57.

# ТЕХНАКС

ПРЕДЛАГАЕТ:

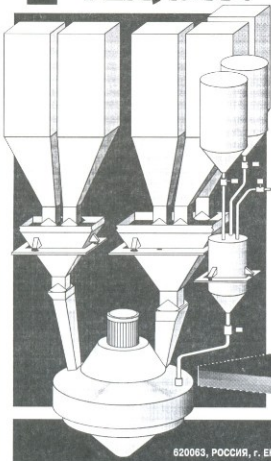
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ  
ГАЗОБЕТОНА, СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ,  
ИЗДЕЛИЙ ИЗ «ТЯЖЕЛОГО» БЕТОНА.

#### СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ

высокая точность  
всесоветного дозирования;  
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА  
ДОЗИРОВАНИЯ;  
СТРОГОЕ СОБЛЮДЕНИЕ  
РЕЦЕПТУРЫ.

#### СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ЦИКЛОМ

АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ;  
КОНТРОЛЬ РАБОТЫ  
ОБОРУДОВАНИЯ;  
КОНТРОЛЬ ДВИЖЕНИЯ  
И УЧЕТ МАТЕРИАЛЬНЫХ  
ПОТОКОВ.



СДАЧА РАБОТ «ПОД КЛЮЧ»; ГАРАНТИЯ 1 ГОД

620063, РОССИЯ, г. ЕКАТЕРИНБУРГ, а/я 481 тел: (3432) 66-05-69, 66-05-70, тел/факс: (3432) 66-02-77

А.Д. ЦЫРЕМПИЛОВ, д-р техн. наук, Восточно-Сибирский государственный технологический университет, К.К. КОНСТАНТИНОВА, канд. хим. наук, Е.А. ЗЯБЛИЦЕВА, инженер, Бурятский институт общественных наук Сибирского отделения РАН

## Влияние способов механической активации на свойства малоклинкерных вяжущих

Среди общепринятых способов измельчения заметную роль играет механическая обработка материалов, активное воздействие которой (истирание, измельчение, соударение, трение частиц и др.) может способствовать интенсификации последующих технологических процессов получения строительных материалов и повышения их реакционной способности.

Цель настоящей работы – исследование влияния различных способов механоактивации на дисперсность, структуру и физико-механические свойства вяжущих веществ на основе сыннеритов. В качестве измельчаемого материала была выбрана композиция «портланд-цементный клинкер – двуводный гипс – сыннерит». Испытания проведены на образцах размером 2×2×2 см.

В ряде работ по механоактивационной обработке сыннеритов показано, что наряду с изменением удельной поверхности сыннерита, наблюдается нарушение кристаллической структуры составляющих его минералов, изменяется энергетическое состояние поверхности, повышается химическая активность материала. Установлено, что обработка сыннерита в планетарной мельнице типа МПЛ-3 до 15 мин приводит к значительным нарушениям в структуре исходных веществ

(частичная, локально полная аморфизация минералов), что фиксировалось на рентгенограммах по изменению интенсивности характерных пиков калишпата и кальсилита в исходном сырье. Учитывая особенности измельчения механоактивированного сыннерита, мы пытались получить вяжущие системы на его основе с удельной поверхностью 3000–4000 см<sup>2</sup>/г посредством их механоактивации в различных типах измельчителей.

В соответствии с поставленной целью были рассмотрены три варианта:

- измельчение медленным ударом с истиранием в шаровой гравитационной мельнице;
- сухое диспергирование в планетарной мельнице типа МПЛ-3;
- измельчение в стержневой вибрационной мельнице типа 75Т-ДрМ с ударно-сдвиговым характером нагружения.

Характеристики типов мельниц и полученных порошков представлены в табл. 1 и 2. Тонкость измельчения контролировалась замерами удельной поверхности, определяемой на приборе ПСХ-2 по воздухопроницаемости слоя порошка.

Оптимальная площадь удельной поверхности 3000 см<sup>2</sup>/г достигается в планетарной мельнице за 2–4 мин, в шаровой гравитационной мельнице – за 1–2 ч, в стержневой вибрацион-

ном измельчителе за 4–6 мин. В зависимости от затрачиваемой энергии на измельчение и характера разрушения сырья для всех типов мельниц значения расхода энергии и площади удельной поверхности измельчаемого материала значительно различаются (см. табл. 2).

Так, в шаровой мельнице вследствие малой интенсивности соударения и истирания частиц удельная поверхность не превышает 4000 см<sup>2</sup>/г и активность цементного камня не превышает исходного значения. В планетарной мельнице, способ разрушения в которой активнее, чем в шаровой, повышение механического напряжения и интенсивности измельчения позволяет значительно сократить продолжительность обработки при одновременном увеличении степени дисперсности частиц. Однако по мере нарастания времени механического воздействия наряду с увеличением удельной поверхности очевидно явление частичной или полной аморфизации минералов, что в итоге приводит к снижению прочности и водостойкости цементного камня. Чтобы снизить содержание сверхтонких фракций, необходимо использовать мельницы ударно-вибрационного действия (струйная, стержневая мельницы и дезинтегратор).

Измельчение в стержневой мельнице, привело к значительно

Таблица 1

Вид измельчителя	Масса загрузки, г	Масса мелющих тел, г	Диаметр измельчающих шаров (стержней), мм	Число шаров (стержней), шт.	Время измельчения, ч, мин	Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	
Шаровая гравитационная мельница	1000	1100	30–40	20	1	2900	
					2	3100	
					3,5	4200	
Планетарная мельница типа МПЛ-3	20–30	187,4	12–14	21	(мин)	1	2000
					2	2600	
					4	3500	
					6	4800	
Стержневая вибрационная мельница типа 75Т-ДрМ	500	1110,6	44,6	4	2	2500	
					4	3150	
					6	4000	

Таблица 2

Тип измельчителя	Вид вяжущего	Время измельчения, ч, мин	Удельная поверхность, $\text{см}^2/\text{г}$	Средняя плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	Прочность при сжатии, МПа	Условия твердения	Изменение прочности в сравнении с контрольным образцом, %	
Шаровая гравитационная мельница	Контрольный образец	1	3000	2,01	28,4	Пропаривание по режиму 1 + 5 + 2 ч		
		2	3200	2,1	30,1			
		3,5	4500	2,05	30,5			
	МЦВ*	1	2900	1,91	30,1			+ 5,6
		2	3100	2,05	31,5			+ 4,4
		3,5	4000	1,98	31,6			+ 3,5
Планетарная мельница	Контрольный образец	1	2100	2,1	20,4			
		3	2300	2,1	22,8			
		4	3600	2	29,4			
	МЦВ*	1	2000	2	24,5			+ 15
		3	2600	2,02	29,5			+ 22,7
		4	3500	1,91	30,1			+ 2,3
Стержневая вибрационная мельница	Контрольный образец	2	2500	2	30,1			
		4	3150	2	31,2			
		6	4000	1,98	36,4			
	МЦВ*	2	2500	1,99	36,2			+ 16,8
		4	3150	2,05	38,5			+ 18,9
		6	4000	1,97	41,2			+ 11,6

\* Малоцементное вяжущее на основе сыньнитов.

более активному химическому состоянию вещества по сравнению с подобной активацией в планетарной, а также в шаровой мельницах, что, вероятно, объясняется большей энергонапряженностью измельчаемого агрегата за счет увеличения энергии виброударов, а также локальных температурных воздействий, возникающих при активации (коэффициенты трения между материалами стержня и минералов). Преимущества ударно-вибрационной активации (стержневой виброизмельчитель) – большая скорость измельчения породы до  $S_{\text{дл}} = 3000 \text{ см}^2/\text{г}$  за 3–4 мин с загрузкой материала до 500 г; возможность образования прочных структурных связей измельчаемых минералов за счет нагревания и последующего их охлаждения; повышение качества полученных вяжущих веществ комбинированным способом обработки материалов. При этом измельчаемая композиция остается в активном химическом состоянии.

Удельная поверхность порошка в планетарной мельнице резко возрастает и за 4 мин достигает значения  $4200 \text{ см}^2/\text{г}$ . Однако прочность при сжатии и водостойкость полученного цементного камня несколько снижаются. В стержневой мельнице удельная поверхность возрастает постепенно и

после 6 мин измельчения составляет  $4000 \text{ см}^2/\text{г}$ , активность вещества при этом остается прежней. Прочность при сжатии составила  $41,2 \text{ МПа}$ . Это еще раз доказывает, что увеличение удельной поверхности, не является определяющим фактором повышения активности вяжущих веществ.

Для повышения качества вяжущих веществ использован был комбинированный способ их механоактивации с применением двухстадийного процесса обработки изделий (грубый и тонкий помол). На стадии грубого помола наиболее эффективны ударно-раздавляющие установки (шаровая, шнековая дробильные мельницы), на стадии тонкого помола – ударно-вибрационная активация (стержневая, струйная мельницы и дезинтегратор). Это не только снижает энергозатраты на помол, но и предупреждает образование сверхтонких фракций.

При изучении физико-химических и структурных взаимодействий сыньнитра с цементным клинкером были использованы данные рентгенофазового анализа. Рентгенографическая съемка образцов проводилась на установке ДРОН-2 с использованием  $C_{\text{K}}$ -излучения и Ni-фильтром со скоростью угломера  $2^\circ$  в минуту в интервале от  $2$  до  $50^\circ$ . По данным РФА (в статье не приводятся) можно сделать вывод,

что с увеличением степени дисперсности порошка происходит постепенное уширение основных рефлексов и снижение интенсивности характерных максимумов пиков гидросиликатов кальция низкой основности, линий цеолитоподобных фаз, а также возникновение новых фаз  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , что приводит к ослаблению и разрыву основных валентных связей в исходном материале. Фазовый состав продуктов твердения и гидратации сыньнитра с цементным клинкером представлен низкоосновными гидросиликатами кальция, цеолитовыми линиями.

Использование вяжущих материалов оптимального состава, полученных в результате механоактивации сыньнитра с цементным клинкером в мельницах ударно-вибрационного действия, позволяет повысить прочность цемента по сравнению с применением таких же материалов, обработанных в планетарной и шаровой мельницах соответственно на 27,3 и 25,4 % при равных значениях удельной поверхности материалов.

Таким образом, в целях усовершенствования существующих технологических процессов использования механических методов активации веществ с ударно-вибрационным характером нагружения представляется весьма эффективным.

В. Ф. ЯНОШКИН, директор фирмы «GIPSO» (Латвия, Рига)

## О долговечности строительных изделий из бетонов на гипсоцементном вяжущем

Многие годы ученые и практики изучают и проверяют возможность получения изделий из бетонов на гипсоцементном вяжущем (ГЦ-бетонов). Преимуществом таких материалов является их технологичность — получение расформовочной прочности через 5–20 мин и исключение затрат на тепловую обработку и сушку.

Уже несколько раз за период интенсивных исследований гипсоцементных вяжущих ученые разных научных групп заявляли о решении проблемы долговечности. Сложность заключалась в предотвращении коррозии материала (разрушение от химических новообразований) при эксплуатации изделий из него в атмосферных условиях.

В настоящей статье приводятся результаты работ, проведенных ЛатНИИСтроительстве и его самостоятельным подразделением — Научно-производственной фирмой «GIPSO».

Создание водостойких гипсовых вяжущих (гипсоцементно-пушолоановых) [1] позволило значительно расширить область применения гипсовых изделий в наружных несущих и ограждающих конструкциях. Этому также способствовали исследования по использованию различных химических добавок (поверхностно-активных и прежде всего суперпластификаторов, ингибирующих, пропиточных и др.).

Долгое время считалось, что бетоны на гипсоцементном вяжущем являются коррозионно-стойкими, если их состав отвечает требованиям ОСТ 2129–77 и последующим стандартам, а долговечность, оцениваемая лишь по морозостойкости, находилась в соответствии с требованиями СНиП 2-В2–81. Главным условием в упомянутых стандартах было обеспечение в гипсоцементных композициях необходимого количества активной пушолоановой добавки.

Однако еще в 1977 г. опубликованы результаты экспериментов, ставящие под сомнение способ обеспечения коррозионной стойкости гипсоцементных композиций при помощи введения различных количеств пушолоановых добавок как единственно возможный [2]. Подобные результаты были получены и в ЛатНИИСтроительстве, что дало новый толчок для исследований в этой области.

В 1986–1988 гг. появились публикации о научных исследованиях, доказывающих, что коррозионная стойкость гипсоцементных материалов гарантируется, если происходит карбонизация в естественных или искусственных условиях по всей толщине изделия [3, 4]. Это объясняется связыванием гидроксидов кальция, выделяющейся при гидратации цемента. Скорость карбонизации изделий зависит от таких основных факторов, как толщина изделия, пористость (газопроницаемость), влажность, температура, возможность доступа углекислого газа через поверхность изделия, степень гидратации цемента.

Время карбонизации изделия по всему объему определяют по скорости карбонизации экспериментальных образцов, с учетом толщины изделия. Скорость карбонизации и образцов определяют путем обработки поверхности скола бетона спиртовым раствором фенолфталеина, который обесцвечивает при  $\text{pH} > 9$  появление красно-фиолетовой окраски. При этом образцы хранятся в атмосферных условиях при влажности 4–10 % по массе и температуре 5–20°C.

В естественных атмосферных условиях карбонизация на всю толщину экспериментальных образцов или тонкостенных изделий из бетонов на гипсоцементном вяжущем может пройти в течение 2–5 мес, что обеспечит коррозионную стойкость. В то же время у массивных изделий или изделий, защищенных от проникновения углекислого газа из атмосферы, карбонизация может быть существенно замедлена.

Так как в обитаемых помещениях, где концентрация углекислого газа примерно в 2 раза превышает его наличие в атмосферных условиях, были возможны случаи, когда лабораторные образцы из ГЦ-бетонов с различными видами добавок оказывались коррозионно-стойкими, а когда из этих, якобы проверенных, бетонов изготавливались изделия, которые из-за толщины или из-за атмосферных условий не успевали прокарбонизироваться на всю толщину, на практике получали недолговечный бетон, иногда с разрушениями из-за химической коррозии.

В 1975–1985 гг. появились публикации о провоцировании ГЦ-коррозии различными исследователями в лабораторных условиях [5–8].

Группой экспериментаторов подтверждено, что ГЦ-коррозия (или один из ее основных видов) происходит в кратчайшие сроки, если испытываемые образцы в водонасыщенном состоянии находятся в условиях пониженных положительных температур (около 4°C). В экспериментах использовались также такие методы провоцирования коррозии, как хранение в воде при температуре 20 и 40°C, выдержка в проточной воде и под гидравлическим затвором при 20 и 40°C и т.д. Все эти исследования проводились на образцах, защищенных от карбонизации. Не вызывает сомнения, что такие условия пониженных положительных температур вероятны при хранении изделий под открытым небом, особенно в осенне-зимне-весенний периоды.

Как только способ провоцирования коррозии был найден, мы приступили к исследованию различных видов добавок, отодвигающих во времени начало коррозионных процессов.

Специальными исследованиями была разработана методика определения начала коррозионного процесса. За начало принято время, в течение которого линейные деформации расширения образцов превысили 0,4%. После таких деформаций происходит лавинообразное разрушение образца по всему объему вследствие химических новообразований.

Нам удалось найти добавки к ГЦ-бетонам, отодвигающие начало коррозии в экстремальном режиме провоцирования до 12 и более лет. Те же составы, но без добавок, разрушались через месяц. Здесь речь идет не о долговечности материала, а о его стойкости в самых опасных для него условиях. Вода в составе промежуточных продуктов добавок, мы получили время начала коррозии через 1, 3 и 5 лет. По данным метеорологических служб Латвии, условия, подобные экстремальному режиму, возможны только в осенне и весенние месяцы года.

Студенки фирмы провели исследования влияния на коррозию таких факторов, как вид и химичес-



ский состав гипсового вяжущего, количество в цементе пуццолановых добавок, количество цемента в вяжущем, степень гидратации цемента и др.

Экспериментами доказано, что любое количество пуццолановой добавки к цементу (до 40%), не влияет на время начала разрушения гипсоцементного материала в экспериментальном режиме провоцирования коррозии.

В 1992 г. нами совместно со специалистами Московского Государственного Университета проведены работы, в которых использовалось самое современное оборудование. Исследования проводились с использованием рентгеноструктурного, дифференциально-термического, электронно-микроскопического и химического анализов.

Исследовались гидратированные гипсовые и гипсоцементные образцы после различных воздействий: высушенные сразу после изготовления, подвергнутые провоцированию коррозии и с полной карбонизацией. Проведен также анализ всех исходных порошков, составляющих вяжущее.

Полученные результаты подтвердили наличие определенных новообразований, разрушающих материал, у образцов, подвергнутых коррозии, и их отсутствие в карбонизированных образцах.

Исходя из изложенного выше, для прогнозирования и обеспечения долговечности изделий из бетона на гипсоцементном вяжущем, по нашему мнению, необходимо выполнить следующее.

1. Подобрать состав для данного изделия, удовлетворяющий требованиям нормативных документов по физико-механическим и эксплуатационным свойствам (в том числе и по морозостойкости).
2. Зная толщину изделия и условия эксплуатации, на основании исследований карбонизации экспериментальных образцов, методом расчета определить время полной карбонизации изделия.
3. Определить время начала коррозионных процессов для принятого состава, испытывая экспериментальные образцы по опи-

санной ранее методике провоцирования коррозии.

4. Сравнить время до полной карбонизации изделия и время коррозионной стойкости, и, если первое будет на 20% (принятый нами коэффициент запаса) больше второго, можно утверждать, что принятый состав бетона на гипсоцементном вяжущем будет долговечен в изделии.

На основании результатов проведения длительных экспериментов нами подобраны составы для изделий с обеспеченной долговечностью, а именно:

- опилкобетонные блоки для наружных и внутренних стен зданий, не требующие температурно-влажностной обработки при изготовлении и оштукатуривании возведенных ограждений. До 1994 г. в Латвии построено 14 мини-заводов, производящих от 5 до 10 м<sup>3</sup> блоков в смену при численности рабочих 2–3 человека. Фирма имеет пятнадцатилетний опыт возведения домов из таких блоков и результаты изучения их в процессе эксплуатации;
- гипсовые газобетонные плиты перегородок, не требующие при производстве специальной сушки. По технологии фирмы работают три завода, выпускающие плиты и использующие оборудование, изготовляемое в России. Перегородки из таких плит возводятся методом склеивания, не штукатурятся и имеют улучшенные звукоизолирующие свойства;
- самонивелирующиеся стяжки под полы, бетон, для которых перекачивается по шлангам и твердеет через 1–2 ч. В 1990–1991 гг. в Латвии работало пять передвижных установок, производящих такие стяжки;
- пеногипсовый негорючий утеплитель из бетона со сроками твердения 10–60 мин. Возможно изготовление конструкций по литевой технологии (при этом смесь укладывается через шланги при помощи насосов) или штучных изделий. В качестве наполнителя исследовано применение полистирольных гранул, опилок, стружки, камышитовых или соломенных матов.

Фирма имеет опыт устройства теплоизоляционного слоя чердачных покрытий монолитным методом, изготовления вкладышей для монолитных перекрытий, трехслойных стеновых панелей и плит покрытия кошар, армированных камышом.

По рекомендациям фирмы три завода выпускали санитарно-технические кабины из бетона на гипсоцементном вяжущем, не применяя пуццолановые добавки. Благодаря введенным пластификаторам отпала необходимость в сушке изделий, существенно увеличилась их прочность.

## Список литературы

1. Ферропская А.В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций. М., 1984.
2. Скорцова Н.И. Долговечность // Бетон и железобетон. 1977. № 11.
3. Марков С.С., Янюшкин В.Ф. О долговечности гипсоцементных бетонов. // Исследования строительных материалов: Сб. науч. трудов ВУЗов Литовской ССР. Вильнюс, 1988. № 14 С. 67–68.
4. Мещеряков Ю.Г., Нестеренко В.В. Водостойкий искусственный камень из гипсоцементного вяжущего // Строительные материалы из попутных продуктов промышленности. Л., 1988. С. 94–98.
5. Lukas V. Betonzerstörung durch SO 3- Angift unter Bildung von Thaumasil und Woodfordit // Cem. and Concr. Res. 1975. V. 5 № 5. P. 503–517.
6. Van Aardt J.H.P., Visser S. Thaumasil formation: a cause of deterioration of Portland cement and related substances in the presence of sulphates // Cem. and Concr. Res. 1975. V. 5 № 3. P. 225–232.
7. Ostrowski Czeslaw. Wplyw karbonizacji na własności żyw gipsowocementowych. Cz. 1 // Cement. Warno. Gips. 1983. № 36. S. 7–8, 194–195, 197–202.
8. Алексис Ф.Ф., Алексис В.И. Гипсоцементные материалы для наружных стен зданий (опыт Латвийской ССР) // Обзорная информация. Рига: ЛатНИИТИ, 1984.

На базе выставки планируется проведение межрегионального координационного совещания по проблемам развития городской среды и реорганизации ЖОХ.

### Программа совещания:

1. Семинар «Опыт реализации реформы ЖОХ в городах России».
2. Конференция «Проблемы архитектурной практики. Роль архитекторов в возрождении и развитии городов».
3. Семинар «Структурная перестройка производственной базы жилищного строительства».

## Строительство и ремонт

Магистральная выставка-ярмарка  
19-21 ноября 1997 г. Тематические разделы:  
современные технологии, строительные отделочные материалы, конструкции, механизмы, техника, инструменты, инженерное оборудование, архитектура, дизайн и отделка зданий, помощники, строительные, ремонтные и коммунальные услуги.

Россия, 394000 г. Воронеж, ул. К. Маркса, 68

Тел./факс: (0732) 57-20-12, 77-48-36 E-mail: expo@veta.voronez.ru

