

УДК 517.28+536.491+699.86

Б. М. Румянцев, А. Д. Жуков

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Излагаются основные положения методологии создания новых отделочных и теплоизоляционных материалов или адаптации существующих материалов к современным требованиям. Рассмотрены результаты реализации методологии на примере технологии минераловатных акустических плит.

К л ю ч е в ы е с л о в а: технология, материал, акустика, минераловатные плиты.

The conceptual issues of the methodology of new finishing and thermal insulation materials creation or adapting of existing materials to modern requirements are presented in the article. The results of methodology implementation by the example of mineral wool acoustic slabs technology are considered.

Key words: technology, materials, acoustics, mineral wool slabs.

Современные концепции развития строительных конструкций и, в частности, повышения их энергоэффективности*, пожарной безопасности и создания безопасной и комфортной среды обитания предполагают создание широкого спектра теплоизоляционных, отделочных и акустических материалов или адаптации существующих материалов к новым, более жестким требованиям. В этой области на кафедрах ТТМ, ПУТСИ, а с 1995 г. — ТОИМ была проведена значительная работа и, в частности, сформулированы принципы общей методологии создания новых строительных материалов и решения технологических задач.

Первоначально методология была опробована при создании новых декоративно-акустических материалов (ДАМ), и были достигнуты практические результаты [1]. В настоящее время проводятся исследования по созданию новых видов теплоизоляционных материалов (в частности, двойной плотности) и легких бетонов ячеистой структуры.

Схема решения технологических задач при создании новых видов строительных материалов представлена на рис. 1. Она включает три горизонтальных и три вертикальных взаимосвязанных ряда. Задача работы, сырьевые компоненты и практический выход являются постоянными для рассматриваемой категории материалов.

Технологической основой методологии создания ДАМ являлась общность закономерностей, характеризующих производство любых теплоизоляционных или отделочных материалов независимо от вида сырьевых материалов, пластично-вязких свойств формовочных масс и видов тепловой обработки. Методология реализовывалась в следующей последовательности:

постановка задачи;

разработка гипотетического материала, отражающего основные требования к ДАМ и связь между основными физико-механическими показателями материала и размерами изделий;

* Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ».

разработка обобщенной технологической схемы получения ДАМ;
 выбор основных скелетообразующих и связующих компонентов;
 обоснование предварительной подготовки исходных компонентов;
 обоснование способа получения формовочных масс и формования;
 обоснование вида и способа тепловой обработки;
 определение перечня отделочных операций;
 разработка базового материала, учитывающего свойства реальных исходных компонентов;
 разработка базовой технологии, включающей перечень технологических операций и приемов применительно к определенной категории сырьевых материалов и аппаратурному оформлению технологии;
 разработка имитационной модели технологического процесса;
 корректировка и оптимизация технологических процессов на математической модели;
 изучение физико-механических, акустических и эксплуатационных показателей ДАМ применительно к различным условиям;
 корректировка составов и технологических параметров с целью обеспечения надежной эксплуатации базового изделия;
 разработка фактурных решений и создание различных видов изделий на основе базового.



Рис. 1. Схема решения технологических задач при создании новых видов строительных материалов

При постановке задачи работы определяется функциональное назначение материала, возможности сырьевой базы, области применения и объемы производства. Задачи работы формируются исходя из тенденции развития материалов данной категории, технологии их производства и экономических возможностей их применения. Опыт работы с ДАМ показывает, что задача работы

при их создании остается неизменной на протяжении многих лет, за исключением некоторых корректировок, учитывающих требования программ.

Гипотетический материал и изделия на его основе отражают ту совокупность свойств и их взаимосвязь, которые направляют разработку реальных материалов. Гипотетический материал представляет собой модельный материал, разрабатываемый исходя из определенных условий эксплуатации и функционального назначения.

К определяющим условиям эксплуатации ДАМ следует отнести сохранение прочностных показателей и отсутствие прогибов у лицевых элементов, находящихся в условиях длительной эксплуатации.

Важнейшим функциональным назначением ДАМ является поглощение звуковой энергии. При разработке гипотетического материала ставится задача установления перечня показателей и допустимых интервалов их значений, обеспечивающих надежную эксплуатацию изделий в конструкции.

Разработка обобщенной технологической схемы основана на том, что независимо от вида строительных материалов технология охватывает ряд операций, включающих выбор и подготовку сырьевых компонентов, приготовление формовочных масс, формование, тепловую обработку и отделочные операции.

Для решения практических задач все виды сырьевых материалов разбиты на четыре группы: волокнистые, зернистые и порошкообразные минеральные вяжущие, полимерные сырьевые материалы.

Подготовка сырьевых компонентов включает домол или дробление исходных материалов, разделение на фракции, предварительное перемешивание с целью гомогенизации сырья, грануляцию или диспергацию волокнистых компонентов и т. д.

Получение формовочных масс связано с перемешиванием основных и связующих компонентов в сухих, пластично-вязких или жидкотекучих массах, а также с созданием условий, исключающих расслоение. Получение формовочных масс относится к гидромеханическим процессам и наиболее часто базируется на внешней задаче гидродинамики.

Формование изделий направлено на формирование структуры материалов методами сухого, полусухого или пластического прессования, отлива гидромасс с подпрессовкой, вакуумированием, центрифугированием и т. д. Формование изделий базируется на законах, характеризующих внешнюю и смешанную задачу гидродинамики.

Тепловая обработка связана со стабилизацией структуры материала, протекающей при сушке, обжиге или тепловлажностной обработке. В ряде случаев на начальной стадии тепловой обработки происходит завершение структурообразования, связанное с удалением влаги, гидратацией минеральных вяжущих, выгоранием органических составляющих, вспучиванием массы и т. д. При этом имеют место тепловые и массообменные процессы: нагрев, изотермическая выдержка, охлаждение, испарение, конденсация, плавление, спекание и др.

Отделочные операции выполняют с целью придания заготовкам товарного вида, характерного для изделий. Отделочные операции представляют собой, как правило, совокупность механических, гидромеханических и тепловых процессов.

Разработка базового материала заключается в создании реального материала, отвечающего расчетным требованиям, полученным при разработке гипотетического изделия. Кроме того, базовый материал должен отвечать дополнительным требованиям, связанным с развитой пористостью (до 80 % и более) и сопротивлением продуванию ($2...4 \rho_0 c_0$), низкой гигроскопичностью, биостойкостью, нетоксичностью.

Разработка базового материала предусматривает:

установление интервалов возможных значений физико-механических показателей (средней плотности, пористости, прочности);

установление толщины изделий исходя из акустических характеристик и несущей способности (модуль и термическое сопротивление);

обеспечение путей снижения гигроскопичности, повышение биостойкости и огнестойкости.

Базовая технология предусматривает одинаковый перечень технологических операций при использовании близких по виду и свойствам исходных материалов и формовочных масс. В то же время базовая технология предполагает возможность выполнения той или иной операции различными методами и переработку масс, отличных по составу. Например, формование может идти с подпрессовкой, вакуумированием и т. д., при этом состав масс может быть различным. Отлив может выполняться с дополнительным уплотнением, продувкой, вакуумированием и т. д.

Примером реализации методологии является разработка и реализация технологии минераловатных плит, технологический процесс производства которых включает грануляцию минеральной ваты, заварку крахмально-каолинового связующего, подготовку формовочной массы, формирование заготовок, сушку и отделочные операции (рис. 2).

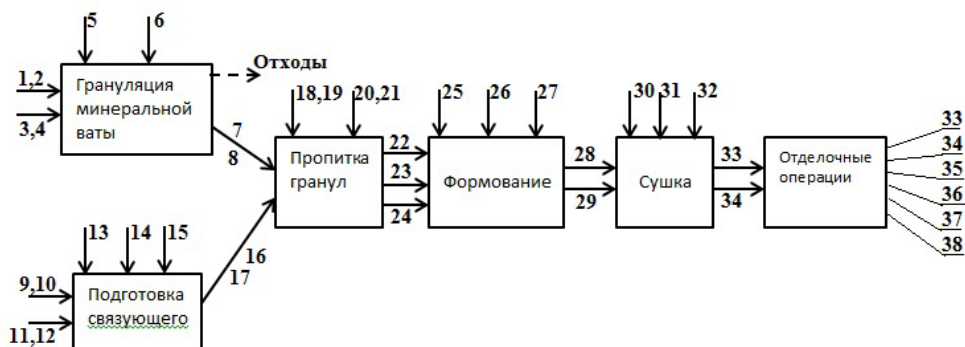


Рис. 2. Структурная схема технологии акустических минераловатных плит: 1, 2, 3, 4 — диаметр волокна, влажность, средняя плотность и содержание неволокнистых включений (корольков); 5, 6 — скорость и время грануляции; 7, 8 — насыпная плотность и средний размер гранул; 9, 10, 11, 12 — расходы крахмала, каолина, буры и парафина; 13, 14, 15 — скорость перемешивания, время и температура заварки; 16, 17 — адгезия и вязкость; 18, 19, 20, 21 — скорость перемешивания, смачиваемость, время и степень насыщения; 22, 23, 24 — влажность, удобоукладываемость и средняя плотность; 25, 26, 27 — скорость, температура и давление прессования; 28, 29 — влажность и средняя плотность; 30, 31, 32 — время, скорость теплоносителя и температура сушки; 33, 34 — содержание крахмала, влажность; 35, 36, 37, 38 — гигроскопичность, коэффициент звукопоглощения при 1000 Гц, средняя плотность и прочность при изгибе

В частности, проведенное имитационное моделирование позволило сформировать графическую модель, характеризующую связь основных сырьевых и режимных параметров с показателями свойств конечного материала (рис. 3).

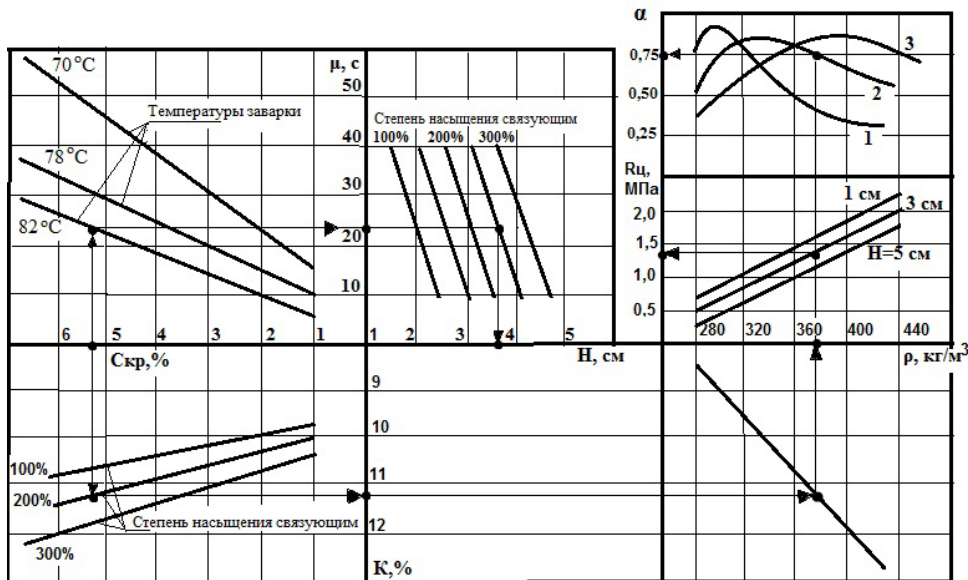


Рис. 3. Графическая модель технологии акустических минераловатных плит: 1 — коэффициент звукопоглощения на частотах 500 Гц (α_{500}); 2 — коэффициент звукопоглощения на частотах 1000 Гц (α_{1000}); 3 — коэффициент звукопоглощения на частотах 2000 Гц (α_{2000})

Модель содержит шесть серий графиков, построенных в координатах, описывающих:

расход крахмала и вязкость при подготовке связующего при трех значениях температуры заварки;

вязкость связующего и удобоукладываемость формовочной массы при пяти значениях степени насыщения формовочной массы связующим;

расход крахмала при подготовке связующего и концентрацию крахмала в готовых плитах;

расход крахмала и среднюю плотность плит;

среднюю плотность и прочность плит на изгиб при трех значениях удобоукладываемости;

среднюю плотность и коэффициент звукопоглощения в трех диапазонах частот.

Графическая модель позволяет определять средние значения конечных свойств минераловатных плит по заданным составам компонентов и режимам проведения технологических операций, подбирать составы и режимы для обеспечения заданных показателей, регулировать ход и выполнять контроль технологии.

Разработка технологий эффективных теплоизоляционных материалов (ТИМ) осложняется их многооперационностью и большим количеством фак-

торов, определяющих протекание технологических процессов [2]. Специфика самих материалов такова, что их долговременная эксплуатация возможна только в конструкциях, корректно спроектированных и грамотно выполненных [3].

Все приемы, обеспечивающие надежную эксплуатацию ТИМ, можно разделить на группы:

1) приемы, выполняемые в процессе изготовления изделий (корректировка составов, введение гидрофобных или гидрофобизирующих веществ, антипиренов, антисептиков, уплотнение скелетообразующей матрицы и пр.);

2) приемы, выполняемые при отделочных операциях или на готовых изделиях (поверхностная пропитка с целью упрочнения, снижения гигроскопичности или повышения огнестойкости, покраска и пр.);

3) приемы, выполняемые при монтаже материалов в конструкциях.

Изучение физико-механических, акустических и эксплуатационных показателей ТИМ применительно к различным условиям (температурно-влажностным и т. д.) позволяет установить наиболее рациональные пути использования изделий, оптимизировать конструкции, принять меры по повышению их надежности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Румянцев Б. М. Технология декоративно-акустических материалов : учеб. пособие. М. : МГСУ, 2010. 284 с.

2. Теплоизоляционные материалы и конструкции : учеб. 2-е изд., исправл. и доп. / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко, Б. М. Шойхет, Е. Ю. Петухова. М. : ИНФРА-М, 2010.

3. Жуков А. Д. Технология теплоизоляционных материалов : учеб. пособие : в 2-х ч. М. : МГСУ, 2011.

1. Rumyantsev B. M. Tekhnologiya dekorativno-akusticheskikh materialov : ucheb. posobie. M. : MGSU, 2010. 284 s.

2. Teploizolyatsionnye materialy i konstruktсии : ucheb. 2-e izd., ispravl. i dop. / Yu. L. Bobrov, E. G. Ovcharenko, B. M. Shoykhet, E. Yu. Petukhova. M. : INFRA-M, 2010.

3. Zhukov A. D. Tekhnologiya teploizolyatsionnykh materialov: ucheb. posobie : v 2-kh ch. M. : MGSU, 2011.

© Румянцев Б. М., Жуков А. Д., 2012

Поступила в редакцию
в ноябре 2012 г.

Ссылка для цитирования:

Румянцев Б. М., Жуков А. Д. Принципы создания новых строительных материалов // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 3(23).