

Производство сухих строительных смесей — новая отрасль строительной индустрии

Сухие строительные смеси (ССС) — это приготовленные в заводских условиях, оптимизированные по составу смеси вяжущих веществ, заполнителей, наполнителей и функциональных добавок. Валентин Исаакович Корнеев, заведующий кафедрой строительных и специальных вяжущих веществ Петербургского технологического института, рассказывает о составе, видах и способах производства СССР.

Современное потребление сухих смесей в мире составляет ~45 миллионов тонн, из этого количества на долю Западной Европы приходится 29 миллионов. В России быстрое развитие производства сухих смесей обычно связывают с экономической ситуацией, возникшей после дефолта 1998 года, до этого сухие смеси преимущественно импортировались из Европы: в 1998 году доля импортных материалов на рынке сухих строительных смесей достигала 80 %, а емкость рынка составляла 200–250 тысяч тонн в год. В дальнейшем темпы прироста рынка сухих строительных смесей за счет внутреннего производства достигали 50 % в год,

а доля импорта снижалась и в настоящее время составляет не более 15 % [см. Ботко Е. Развитие рынка сухих строительных смесей России: устойчивые факторы и новые тенденции. // Цемент и его применение. 2004, № 6. С. 33–35]. Сейчас объем производства сухих строительных смесей в России превышает 2 миллиона тонн и имеет устойчивую тенденцию к значительному увеличению.

Развитие производства сухих смесей в мировой практике связано, прежде всего, с необходимостью увеличения производительности труда строителей при выполнении отделочных и специальных строительных работ и с повышением их качества,

что определяется углублением специализации применяемых материалов. Для каждого вида строительных работ разработаны специальные виды растворных смесей, приготовление которых по традиционной «мокрой» технологии нерационально.

Основные преимущества сухих строительных смесей по сравнению с традиционными составами и технологиями следующие:

- сухие смеси обеспечивают широкую номенклатуру научно обоснованных составов (для каждого вида строительных работ);
- заводское изготовление смесей при весовом дозировании компонентов обеспечивает стабильность их составов;
- упрощается доставка, обеспечиваются всепогодность и длительные сроки хранения, упрощается утилизация тары;
- обеспечивается негорючесть, низкая категория химической вредности;
- обеспечивается повышение производительности труда строителей в 2–5 раз, особенно при использовании специальной техники для применения смесей.

К этому нужно добавить высокую производительность труда на заводах по производству сухих строительных смесей, снижение материалоемкости строительных работ (применение тонкослойных технологий), а также возможность производства сухих смесей нестроительного назначения (например, огнеупорных, тампонажных), а также специальных цементов (путем смешения компонентов).

По содержанию основных компонентов (вяжущих веществ, заполнителей, наполнителей) и добавок, в зависимости от проектируемого уровня свойств и целевого назначения, концентрация каждого из компонентов в составе смеси может значительно меняться. В *таблице 1* приведена общая информация о диапазоне составов сухих строительных смесей.

Основу подавляющего большинства сухих строительных смесей составляют

минеральные вяжущие вещества и строительный песок (преимущественно кварцевого состава). Наиболее распространены смеси на основе портландцемента, во многих случаях они содержат также гидратную известь, а иногда приготавливаются на смеси портландского и глиноземистых цементов. В отдельные группы выделяют смеси на основе гипсовых вяжущих веществ, известковые смеси (обычно, для реставрационных работ), смеси на основе ретардируемых порошков органических вяжущих веществ (бесцементные). Кроме строительного (кварцевого) песка, заполнителями (преимущественный размер частиц ~0,16 мм) для сухих строительных смесей могут быть пески из дробленых горных пород или отсеков дробления (мрамора, известняков, доломитов, гранитов и др.), а также техногенные продукты (промышленные отходы) соответствующего состава и гранулометрии. Возможность применения техногенных продуктов в составе сухих строительных смесей в каждом конкретном случае должна быть подтверждена проведением исследований, определяющих уровень их строительнотехнических и санитарнохимических свойств. Это требование справедливо и для тонкодисперсных наполнителей (преимущественный размер частиц ~0,16 мм).

Суммарная доля минеральных вяжущих веществ, минеральных заполнителей и наполнителей в составе смесей (по массе) может достигать 95–98%. Или даже 100%, в этом случае речь идет о производстве так называемых немодифицированных сухих смесей, типа известковых и цементных гарцовок (смесей вяжущих и мелких заполнителей). Немодифицированные смеси выпускаются в заводских условиях, в том числе и на заводах сухих строительных смесей. Однако перспектива развития отрасли связывается преимущественно с расширением производства модифицированных смесей. Такие смеси содержат

| Компоненты смеси | Состав компонента | Содержание, % масс. |
|--------------------------------------|---|---------------------|
| Вязущие вещества (минеральные) | силикатные цементы (на основе портландцементного клинкера) | 5–50 |
| | алюминатные цементы | 3–30 |
| | смесь цементов | 20–40 |
| | гидратная известь | 3–15 |
| | строительный гипс | 5–90 |
| | гидросиликаты натрия и калия | 5–15 |
| | глина молотая | 15–40 |
| Вязущие вещества (органические) | редиспергируемые полимерные порошки (сополимеры винилацетата, этилена, акрилата, стирола и др.) | 2–12 |
| | водорастворимые эфиры целлюлозы | 2–5 |
| Вязущие вещества (органоминеральные) | полимерцементные и полимерсиликатные композиции | 15–40 |
| Заполнители | строительные и кварцевые пески | 10–80 |
| | мраморная, известняковая, доломитовая, гранитная крошка, техногенные продукты | |
| Наполнители | кальцит (молотый мрамор, известняк) | 5–80 |
| | доломит (молотый доломит) | |
| | молотый кварц (кварцевая мука) | |
| | золы, шлаки, отходы камнепереработки и др. техногенные продукты | |
| Функциональные добавки | пластификаторы | 0,01–4 |
| | водоудерживающие | |
| | полимерные порошки (редиспергируемые) | |
| | ускорители и замедлители схватывания и твердения | |
| | упрочнители, расширяющиеся, противоморозные и др. | |

Таблица 1. Содержание компонентов в сухих строительных смесях

в своем составе модифицирующие (функциональные) добавки, придающие сухим смесям, растворным смесям, полученным при затворении сухих смесей водой, и затвердевшим растворам заданный уровень строительно-технических свойств. В этом случае сухие строительные смеси (сухие порошки) содержат все необходимые компоненты и требуют лишь смешения смеси с заданным количеством воды.

В основу классификации сухих строительных смесей, с учетом классификации предложенной в ГОСТ 31189, положены разные принципы: состав смесей, условия и область их применения. Наиболее рас-

пространенной является классификация по виду вяжущего вещества и по дисперсности наполнителя, согласно которой сухие смеси могут быть отнесены к одной из трех групп: на минеральных связующих, на органических связующих и на полимерцементном связующем.

По области применения сухие строительные смеси также можно распределить по трем группам:

1 группа – общестроительные (конструкционные, отделочные): немодифицированные растворные и бетонные сухие смеси; кладочные растворные смеси, в том числе декоративные, для газобетон-

ных блоков и др.; штукатурные смеси, в том числе декоративные, теплоизоляционные; шпатлевки (ровнители) для стен, в том числе фасадные; смеси для устройства полов и др.

2 группа – специальные строительные: гидроизоляционные смеси; saniрующие штукатурки; клеи для систем наружной теплоизоляции; клеи и затирки для керамических и каменных настенных и напольных плит; инъекционные составы; ремонтные составы, в том числе безусадочные и расширяющиеся; составы для торкрет- и набрызг-бетона; сухие грунтовки и сухие краски, в том числе фасадные.

3 группа – нестроительные (общетехнические): жаростойкие и огнеупорные составы (для тепловых агрегатов); огнезащитные составы (защита строительных конструкций); кислотоупорные смеси; буровые растворные смеси; тампонажные смеси; электродные массы; литейные формовочные смеси.

Сухие строительные смеси могут быть также классифицированы по условиям применения: для внутренних работ, для наружных работ, выполняемых в реальных атмосферных условиях (для фасадных работ), для применения в условиях низких ($<5^{\circ}\text{C}$) и отрицательных температур или, наоборот, повышенных и высоких температур, в условиях водопритока, а также для проведения работ со строительными конструкциями, характеризующимися высокой влажностью и высоким содержанием водорастворимых солей и др.

Основными видами сухих строительных смесей являются штукатурные (цементные, гипсовые), клеи (адгезивы) для приклеивания керамических плиток или натурального камня, кладочные, системы для устройства полов, шпатлевки и заполнители (затирки) для швов. Потребление разных видов сухих строительных смесей в Европе и в России на сегодняшний день

различается: если в Европе основной объемом потребления составляют штукатурные и кладочные растворы, то в России наиболее востребованы плиточные клеи.

При проектировании составов сухих строительных смесей основными условиями обеспечения необходимого уровня свойств, как растворных смесей, так и затвердевших растворов, являются: выбор вяжущей системы (вяжущих веществ заданных характеристик, смесей вяжущих веществ), выбор вида и гранулометрии заполнителей и наполнителей и обоснование применения функциональных добавок. Эти три условия являются равноценными для гарантии получения заданного уровня свойств. Большинство рецептов сухих строительных смесей базируются на применении портландцемента. Цементы, рекомендуемые к применению, чаще всего являются высокопрочными (марка «500» и выше), быстротвердеющими (прочность в 2 суток $>25\text{ МПа}$) и бездобавочными (ПЦ Д-0) и имеют удельную поверхность $S > 450\text{ м}^2/\text{кг}$. Именно такая характеристика цементов в большинстве случаев обеспечивает необходимую кинетику формирования свойств в условиях «тонкослойной технологии» при минимальном расходе функциональных добавок. Но иногда используют рядовые цементы с минеральными добавками. Значительное количество рецептов базируется на применении глиноземистых цементов, обеспечивающих быстрое нарастание прочности, а также смесей портландского и глиноземистого (высокоглиноземистого) цемента для обеспечения быстрого схватывания и ранней прочности. В некоторых случаях применяют специальные цементы: декоративные, напрягающие и др. Гидратная известь для сухих строительных смесей должна быть кальциевой ($\text{MgO} > 5\%$), в ней должны отсутствовать крупные частицы ($>0,6\text{ мм}$), содержание

непогасившихся зерен не должно превышать 2–3%, влажность – менее 5%.

Гипсовые вяжущие вещества перспективны для большой номенклатуры сухих строительных смесей: штукатурок, шпатлевок, затирок, клеев для гипсобетонных блоков, смесей для устройства полов и др. Основной продукцией производителей гипсовых вяжущих является гипс невысоких марок (Г-2÷Г-6), однако на рынке присутствуют и гипсовые вяжущие высоких марок (Г-16÷Г-22). Свойства гипсовых сухих смесей определяются качеством гипсового вяжущего, поскольку его содержание в составе смеси 70–90%. Гипс для сухих строительных смесей должен контролироваться по следующим показателям: марка, сроки схватывания, тонкость помола, влажность. Свойства гипсовых сухих смесей дополнительно регулируются с помощью функциональных добавок, при этом учитываются сроки схватывания (замедление), пластические свойства, повышение трещиностойкости, прочности сцепления с основанием, водоудерживающие свойства и проч.

Обязательными компонентами практически всех сухих строительных смесей являются заполнители и наполнители – минеральные природные или искусственно приготовленные материалы определенного зернового состава. Они составляют до 70–80% всего объема строительных растворов смесей и позволяют сократить расход вяжущих без заметного падения прочности растворов, а также уменьшить усадочные деформации цементного камня.

Заполнитель способствует релаксации (снятию) механических напряжений, возникающих в цементном камне вследствие усадки. Деформации смесей цемента с заполнителем снижаются примерно в 10 раз по сравнению с усадкой цементного камня. Важнейшими характеристиками заполнителей, используемых в составе строительных сухих смесей, явля-

ются минералогический состав, зерновой состав, плотность зерен, насыпная плотность, влажность, наличие пылевидных и глинистых частиц, глины в комках и различных примесей. К вредным примесям в песках, используемых в качестве заполнителей, относят аморфные разновидности кремнезема (халцедон, опал, кремнь и др.), сульфиды и сульфаты, слюду, галлоидные соединения (NaCl и KCl), уголь и органические примеси. В составе сухих строительных смесей в основном используются кварцевые пески. Важнейшими характеристиками заполнителей, определяющими технологические и строительно-технические свойства растворов смесей и растворов, являются зерновой состав, пустотность, водопотребность и форма зерен заполнителя. Оптимальный, с точки зрения формирования свойств растворов смесей и растворов, гранулометрический состав заполнителя достигается, если его характеристика совпадает с «идеальной» кривой просеивания, соответствующей такому зерновому составу заполнителя, у которого упаковка зерен наиболее плотная.

С целью улучшения фракционного состава заполнителя вместо того, чтобы увеличивать долю вяжущего, целесообразнее вводить наполнители – тонкодисперсные материалы с размером частиц 0,05–0,16 мм. К особому виду наполнителей можно отнести волокна, которые могут быть как минерального происхождения (стекловолокна, базальтовые), так и органического (полипропиленовые, целлюлозные и др.). Волокна должны быть устойчивы по отношению к щелочной коррозии. Они вводятся в растворы в количестве до 1–1,5 кг/м³ для придания им увеличенной прочности при изгибе и растяжении, эластичности, тиксотропности и повышения устойчивости при вибрационных воздействиях.

На практике (даже при тщательном подборе состава и соотношения вяжущего, заполнителей и наполнителей) не удается получить весь комплекс заданных характеристик сухой смеси, и применение функциональных добавок разного назначения становится неизбежным.

Применение функциональных добавок для регулирования свойств растворных смесей и растворов является традиционным научно-техническим направлением в строительном материаловедении [см. *Добавки в бетон. Справочное пособие. Под ред. В. С. Рамачандрана. М.: Стройиздат, 1988; Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Технопроект, 1998*] и регламентируется межгосударственными стандартами ГОСТ 24211-2003 и ГОСТ 30459-2003. Однако накопленный опыт применения добавок в технологии бетона для сухих строительных смесей может быть использован ограниченно. Это связано с определенными специфическими требованиями к добавкам для сухих строительных смесей [см. *Корнеев В. И., Зозуля П. В. «Что» есть «что» в сухих строительных смесях. СПб: НП «СПССС», 2004*]:

- добавка должна быть сухой и негигроскопичной;
- добавка должна хорошо распределяться в смеси при сухом смешении компонентов и быть к ним химически устойчивой;
- добавка должна быть быстрорастворимой или быстродиспергируемой: при затворении сухой смеси водой время растворения (диспергирования) добавки не должно превышать для разных составов 2–10 мин (20 °С);
- добавка должна отвечать требованиям нетоксичности, пожаро-, взрыво- и химической опасности.

Возникновение и развитие производств модифицированных сухих строитель-

ных смесей стало реальным только благодаря разработке функциональных добавок, пригодных для этих целей. Оказалось возможным иногда использовать традиционные «добавки для бетонов», однако в большинстве случаев потребовалась разработка специальных функциональных добавок для сухих строительных смесей, отвечающих вышеперечисленным требованиям. Такие разработки являются приоритетным направлением работы для многих зарубежных и отечественных фирм. Добавки для сухих строительных смесей условно могут быть разделены на следующие группы: водоредуцирующие, водоудерживающие, загущающие, редиспергируемые полимерные порошки (РПП), воздухововлекающие, пеногасители, ускорители схватывания, ускорители твердения, замедлители схватывания, гидрофобизаторы, противосусадочные, противоморозные и препятствующие биохимической коррозии [см. *Корнеев В. И., Зозуля П. В. «Что» есть «что» в сухих строительных смесях. СПб: НП «СПССС», 2004*].

Из многочисленных добавок разного назначения целесообразно выделить три группы, которые используются в подавляющем большинстве сухих строительных смесей: водорастворимые модифицированные эфиры целлюлозы, редиспергируемые полимерные порошки (РПП) и суперпластификаторы. В твердеющих смесях на основе минеральных вяжущих веществ в качестве водоудерживающих добавок в основном используют метилгидроксиэтил-, метилгидроксипропил- и этилгидроксиэтилцеллюлозу. Эти продукты являются результатом последовательного превращения исходной нерастворимой в воде целлюлозы в щелочную целлюлозу, а после взаимодействия с этиленоксидом и этил-(метил)хлоридом – в быстрорастворимую в воде модифици-

рованную целлюлозу, обладающую поверхностной активностью и химической стойкостью к щелочной среде и электролитам. При затворении строительной смеси водой молекулы растворенной целлюлозы образуют аквакомплексы, прочно удерживающие воду. Наряду с водоудерживающим эффектом (основной целью применения добавок такого типа), происходит уменьшение седиментации растворных смесей из-за общего загустевания жидкой фазы, а также их пластификация и стабилизация.

Частица готового РПП может быть представлена в виде конгломерата частиц полимера размером 0,01–0,5 мкм, поверхность которых покрыта сорбционным слоем ПАВ. Эти частицы склеены в процессе сушки поливиниловым спиртом в агрегаты размером 50–250 мкм при введении минеральных антислеживателей. По химическому составу РПП представлены сополимерами винил-ацетата с этиленом, виниллауратом, винилверсатом, акрилатом, бутилакрилатом-стиролом, стирол-акрилатом и др. При введении в сухую строительную смесь РПП, способного при диспергировании в воде образовывать водные дисперсии, аналогичные латексам, диспергация происходит в короткое время (2–10 мин). В дальнейшем, в результате связывания воды гидратирующимся цементом и при естественном высыхании, диспергированные частицы РПП агломерируются и образуют в структуре цементного камня самостоятельную полимерную фазу.

Из группы водоредуцирующих (пластифицирующих) добавок можно выделить нафталинформальдегидные ПАВ (в России широко известен суперпластификатор С-3, применяемый в виде порошков во многих рецептурах), а также соединения на основе меламинаформальдегидов, поликарбоксилатов и др.

Добавки-модификаторы всех 13 типов в виде порошков, пригодных для использования в составе сухих строительных смесей, доступны для практического применения в промышленных масштабах на территории России, однако большинство из них поставляются зарубежными производителями (Clariant, Wacker, Rhodia, Akzo Nobel, Hercules, Samsung, Dow, BASF и др.).

Технология сухих строительных смесей относительно проста, хотя и имеет свои специфические особенности. Упрощенно она может быть сведена к сушке и фракционированию заполнителей (песков), сушке и размолу минеральных наполнителей (в случае, если они не поставляются на завод в готовом виде), складированию (хранению) всех компонентов (в том числе вяжущих веществ и добавок) и их дозированию в аппарат-смеситель. Аппарат-смеситель (основной агрегат технологического цикла) – периодически действующий сухой смеситель, способный гомогенизировать порошки из исходных компонентов, отличающихся друг от друга по размеру частиц (от долей микрона до 5 мм) и плотности (от 0,5 г/см³ до 4,0 г/см³). Заключительный цикл технологического процесса – упаковка и отгрузка готовой продукции (преимущественно в бумажных мешках).

Технологические процессы, осуществляемые при производстве сухих смесей: хранение порошков, дозирование, сушка, грохочение, размол, аспирация, пневмотранспорт, упаковка, отгрузка – аналогичны процессам, реализуемым при производстве цемента и других вяжущих веществ.

Валентин Исаакович Корнеев,
*профессор, доктор техн. наук,
заведующий кафедрой
строительных и специальных
вяжущих веществ,
Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (ТУ)*