

Теоретические основы активационной технологии битумоминеральных материалов

Ковалев Я.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Беларусь

Сущность активационной технологии материалов заключается в интенсивном повышении физико-химической активности их компонентов на границах раздела фаз, что реализуется в различных технологических переделах. В природных условиях все каменные строительные материалы находятся в термодинамически устойчивом состоянии, и большинство из них не проявляет химической активности при контакте с вяжущими веществами.

В настоящее время установлено, что все материалы, независимо от их природы и агрегатного состояния, являющиеся в нормальных условиях химически пассивными при определенных режимах обработки, могут стать химически активными. Это позволяет использовать малоактивное дешевое кремнеземистое сырье и техногенные отходы производства для создания на их основе прочных композиционных материалов

Введение

Значительную часть минеральных заполнителей в асфальтобетонах и композициях на основе битумных эмульсий представляют кварцевые пески. Обладая доминирующей долей удельной поверхности в укатанных материалах, степень адгезионной активности этих песков в значительной мере определяет суммарную прочность их контактов на границе раздела фаз при взаимодействии с битумными связующими веществами. Исходя из этого рассмотрим кратко энергетический потенциал каждого из компонентов системы «диоксид кремния (SiO_2) - органическое вяжущее (ОВ)» и их роль в ее упрочнении.

Теоретические основы активационной технологии битумоминеральных материалов

Кварцевые пески содержат преимущественно один минерал – диоксид кремния (SiO_2). В его структуре все связи скомпенсированы, поэтому кремнезем химически инертен. Однако при определенных механических и

термических воздействиях в кремнеземе происходит разрыв химических связей ($-Si - O -$) и они становятся ненасыщенными, активными. Это наблюдается: при значительном нагреве, когда образуются температурные микротрещины; при помоле и поверхностном обдире; в момент возникновения свежееобразованных, так называемых ювенильных поверхностей. Для таких поверхностей характерна повышенная свободная энергия и «господство» на них атомов с нескомпенсированными химическими связями образования новых поверхностей в кристалле кварца возникает два вида активных центров: один - оканчивающийся атомом кислорода с избытком электронов и отрицательным зарядом, а другой - оканчивающийся атомом кремния с недостатком электронов и общим положительным зарядом.

В составе битумов содержатся полярные молекулы. Эти молекулы способны взаимодействовать с другими молекулами и ориентироваться определенным образом в наведенном электрическом поле микроповерхностного слоя кристаллической решетки минерального материала. Вследствие упорядоченного расположения диполей у граничной поверхности возникает разность потенциалов между двумя фазами и, как следствие - двойной электрический слой (ДЭС). С увеличением силового поля минеральной поверхности растет плотность поверхностного слоя адгезива и число ориентированных к поверхности диполей. Идентичный результат получается при увеличении заряда коллоидных частиц полярных молекул (или функциональных групп) органических вяжущих. В общих случаях стимулируется увеличение энергии ДЭС. Общий потенциал частицы органического связующего может быть значительно повышен за счет наложения внешнего электрического поля или разрыва связей в молекулах и проявления «радикального» механизма. Это, в свою очередь, приводит к увеличению энергии ДЭС, образующегося при адсорбции поляризованной частицы связующего вещества на твердой поверхности минерального материала и, как следствие - к увеличению их адгезионного контакта. Следовательно, искусственная поляризация (электризация) связующих является альтернативным путем усиления их контактного взаимодействия с минеральной поверхностью. Таким образом, прочное взаимодействие кремнезема с органическим связующим веществом возможно благодаря их электростатическому контакту на границе раздела фаз. Причем эффект контактных взаимодействий усиливается тем больше, чем большим энергетическим потенциалом, обладают частицы органического вещества.

В основу анализа усиления межфазных контактов в системе ($SiO_2 - OB$) положена комплексная рабочая гипотеза»:

- надежная адгезионная связь (энергия связи) на уровне межатомного или межмолекулярного взаимодействия между парой контактирующих материалов (SiO_2 и ОВ) может быть обеспечена за счет активации одного из них (или обоих одновременно);

- при ожидаемом неудовлетворительном адгезионном контакте надежная межфазная связь может быть достигнута не непосредственно, а с помощью образования промежуточного (буферного) слоя ПАВ или другого модификатора между контактирующими материалами. В этом случае анализируется тройная система « SiO_2 – ПАВ - ОВ» или « SiO_2 -модификатор - ОВ».

Поверхность частиц кварцевых песков гидрофильна и при соприкосновении с гидрофобными органическими веществами их адгезионное взаимодействие мало, а прочность и устойчивость образующихся структур в зоне контакта к воздействиям факторов внешней среды - незначительны. Причина этого заключается в различном характере связей этих двух классов веществ: в структуре SiO_2 преобладают ионные связи, тогда как органические вещества построены преимущественно за счет ковалентных.

При анализе взаимодействия указанных межфазных (адгезионных) контактов используется квантово-механический подход, позволяющий перейти от качественных оценок к приближенным количественным (расчетным), что имеет особое значение при использовании некондиционных кремнеземистых материалов в дорожных битумоминеральных материалах (БММ).

Исходя из квантово-механических представлений, для удобства анализа межмолекулярные взаимодействия в системе « SiO_2 - ОВ» или « SiO_2 - ПАВ» рассматриваются в виде взаимодействия двух силовых центров. При расчете энергии связи молекул двух веществ предполагается, что общая энергия связи между компонентами складывается из энергии бинарных взаимодействий отдельных пар атомов.

Расчеты показали, что вблизи механоактивированной поверхности частиц SiO_2 молекулы битума будут находиться в «преддиссоциативном» состоянии. Это положение косвенно подтверждается тем, что хемосорбция двухатомных и более сложных молекул может происходить в режиме диссоциативной адсорбции. При этом происходит разрыв связи между атомами адсорбируемой молекулы и присоединение ее атомов к адсорбенту. В случае неактивированной поверхности частиц SiO_2 адсорбция битума на ней не приводит к диссоциации молекул битума, поскольку при этом возникает лишь слабое вандерваальсовское взаимодействие. Полученные теоретические значения, энергии взаимодействия в системе « SiO_2 - ОВ» могут быть использованы при

расчетах режима так называемой «газовой» технологии асфальтобетона или других БММ (предварительная активация дисперсных частиц «SiO₂ - ОВ» в газовом потоке ОВ или аэрозольной среде ПАВ).

Приближенные расчеты показывают, что при температуре более 140°C в адгезионном процессе участвуют до 1 ... 3 мономолекулярных слоев битума. В этом случае физическая адгезия переходит в физическую адсорбцию. При этом объемный битум играет роль компенсационного обуславливающего «дрейф» сдвиговых пластических микродеформаций БММ при высоких температурах.

Расчеты межмолекулярных взаимодействий подтверждают, что полностью упорядоченное состояние мономолекулярного слоя битума (искусственная ускоренная полимеризация) происходит лишь в случае, когда электрические диполи атомов углерода битума на поверхности частиц SiO₂ приобретают строго ориентированное направление, а это можно стимулировать лишь внешним электрическим полем. Отсюда следует вывод: поверхность минеральных высокодисперсных компонентов в системе «SiO₂ - ОВ» должна быть искусственно наэлектризована, что позволит не только упорядочить отдельные электрические диполи молекул битума, но и развернуть ненасыщенные связи SiO₂ в поверхностном слое минеральных частиц таким образом, чтобы было обеспечено минимальное расстояние между силовыми центрами, взаимодействие их компонентов в рассматриваемой системе. Учитывая изложенное, для усиления межфазных (адгезионных) контактов в системе «SiO₂ - ОВ» необходимо, прежде всего, подвергнуть электрической активации поверхность частиц SiO₂.

Гипотезу, положенную в основу всего комплекса исследований, можно сформулировать следующим образом: реологические и другие свойства БММ определяются межмолекулярными взаимодействиями на границе раздела фаз, имеющими электрическую природу. Стимулируя поверхностную активность компонентов БММ одним из способов активационной технологии, можно существенно интенсифицировать их физико-химическое взаимодействие. Это позволит эффективно регулировать степень прочности адгезионных контактов, то есть целенаправленно управлять структурообразованием широкого класса материалов на органических вяжущих.

Комплекс активационных технологических мероприятий, позволяющих получить качественные конструктивные элементы дорожных одежд из асфальтобетонных и эмульсионно-минеральных смесей, объединены в рамках общего научного направления - активационно-технологической механики (АТМ) битумо-минеральных материалов [1]. АТМ битумо-минеральных материалов - один из разделов физико-химической

механики искусственных строительных конгломератов. Технологический аспект указанного научного направления раскрыт в [2].

Доминирующую роль в АТМ играют активационные и вибрационные методы. Первые «возбуждают», как бы электрически «рыхлят» поверхность мелкодисперсных частиц обрабатываемых минеральных материалов, т.е. активируют их для более эффективного взаимодействия с жидкой или газообразной дисперсной средой, - которая, в свою очередь, также может быть активирована. Вибрационные, же методы способствуют образованию «оптимального динамического состояния» (по Н.Б.Урьеву) уже активированных грубо- и высокодисперсных систем в технологических переделах (дробление, перемешивание, гранулирование, уплотнение, формование).

Одной из основных частей АТМ является электронно-ионная технология (ЭИТ). Ее правомерно рассматривать как систему, включающую ряд эффективных технологических средств для повышения энергетического уровня молекул взаимодействующих веществ. Для БММ выбрано три технологических направления, основанных на электрогидравлическом, трибоэлектрическом эффектах (ЭГ-, Т-эффект) и эффекте вихревого слоя (ВС-эффект).

Заключение

Описанные представления являются теоретической основой для образования прочных хемоадсорбционных связей на границе раздела фаз в битумо-минеральных системах, т.е. представляют определенный «фундамент» для получения прочных и долговечных дорожных композиционных материалов с широким использованием дешевого кремнеземистого сырья и техногенных отходов производства. По существу, речь идет о новой науке – капрологии.

Список использованной литературы

- [1] Ковалев Я. Н. Активационно-технологическая механика дорожного асфальтобетона // Я. Н. Ковалев. – Минск: Вышэйшая школа, 1990. – 180 с.
- [2] Ковалев Я. Н. Активационные технологии дорожных композиционных материалов (науч.-практ. основы): монография. – Минск: БелЭН, 2002. – 336 с.