



БИТУМНАЯ ЭМУЛЬСИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ



AKZO NOBEL

ВВЕДЕНИЕ

Битум является основным вяжущим материалом при строительстве и ремонте автомобильных дорог. При этом все дорожные технологии предусматривают использование битума в жидком состоянии.

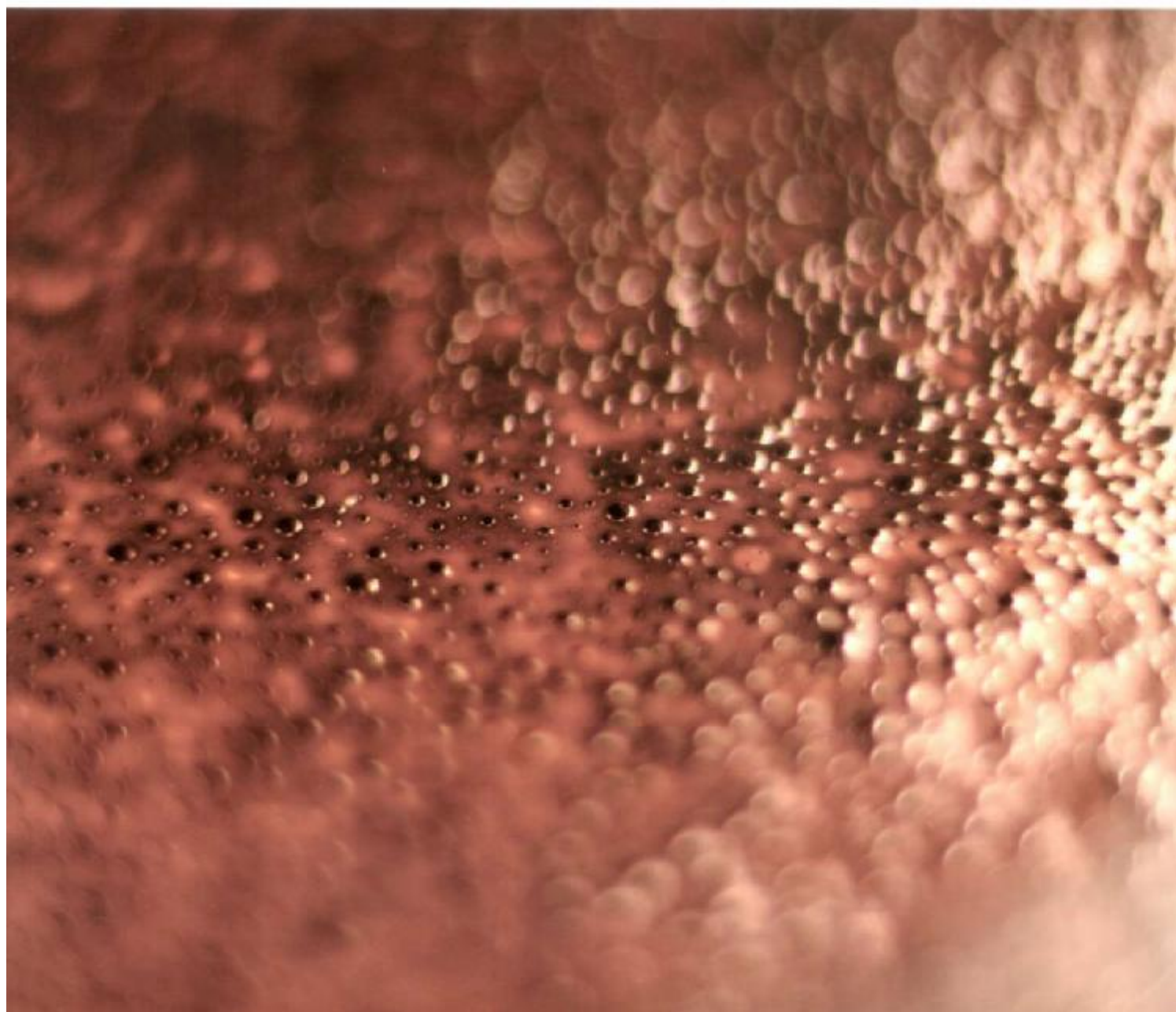
Существует три способа перевода битума из твердого или вязко-пластичного состояния в жидкость. Первый наиболее распространённый способ это нагрев битума до температуры 100-200°C, что требует значительных энергозатрат. Необходимые прочностные показатели материала, содержащего битум, достигаются после остывания вяжущего.

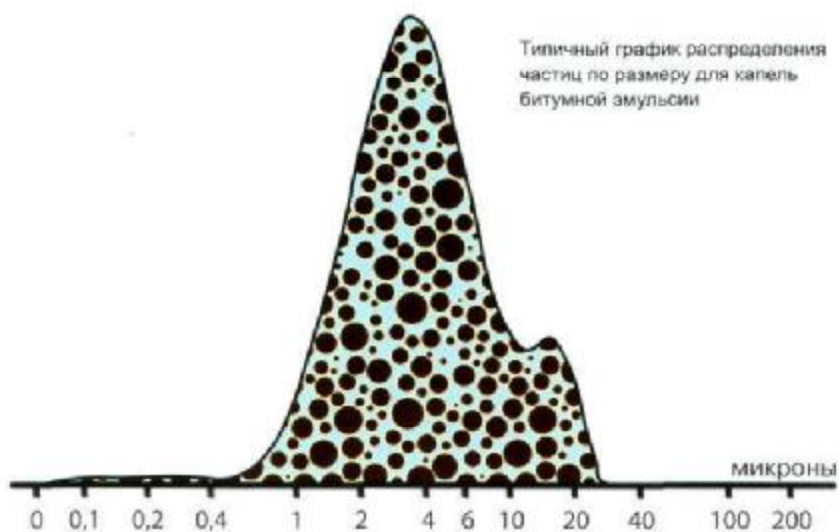
Второй способ заключается в разжижении битума жидкими нефтепродуктами. В данном случае формирование материала в покрытии происходит за счёт испарения разжижителя, что требует значительного времени (до нескольких недель).

Третьим альтернативным способом является использование битумных эмульсий – жидкостей, представляющих собой водную дисперсию битума. При этом формирование уложенного слоя происходит достаточно быстро в результате распада эмульсии, при котором вода испаряется, а битум остается на минеральном материале.

По сравнению с применением горячего битума использование эмульсий обеспечивает создание более безопасной и «дружественной» по отношению к окружающей среде системы, поскольку удаётся избежать риска пожара, ожогов и выбросов.

Кроме того, использование эмульсий требует меньших энергозатрат. В настоящей брошюре изложены как теоретические, так и практические аспекты применения битумных эмульсий в дорожном комплексе.





ЧТО ТАКОЕ ЭМУЛЬСИЯ?

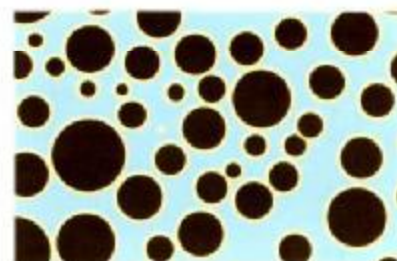
Эмульсия представляет собой дисперсию микроскопических частиц одной жидкости в другой.

Эмульсии могут быть образованы двумя любыми несмешивающимися жидкостями. В большинстве случаев одной из фаз эмульсий является вода. Эмульсии типа «масло в воде» (М/В) это эмульсии, в которых непрерывной фазой является вода, а дисперсной фазой – нерастворимая в воде «маслянистая» жидкость. Эмульсии типа «вода в масле» (В/М) это эмульсии, в которых непрерывной фазой является масло, а дисперсной фазой – вода. Эмульсии могут иметь больше двух фаз. В таких эмульсиях диспергированные частицы сами содержат еще меньшие частицы третьей фазы (как правило, это та же самая жидкость, что и в непрерывной фазе).

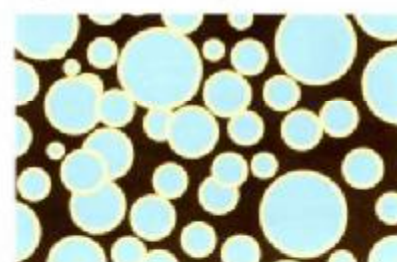
Эмульсия, которая образуется при смешивании масла и воды, быстро распадается при остановке этого процесса. Для стабилизации системы в эмульсию вводят третий компонент (эмульгатор), который предотвращает или замедляет разделение фаз.

Битумные эмульсии, обычно, представляют собой эмульсии типа М/В. Однако инвертированные (обратные) эмульсии, полученные на разжи-

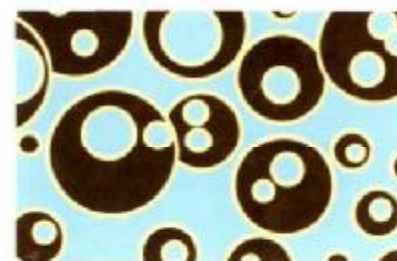
женных битумах, также имеют свою специальную область применения. Имеются свидетельства того, что из битума могут быть сформированы многофазные эмульсии типа В/М/В. Эмульсии, которые содержат от 40-ка до 80-ти % битума, представляют собой жидкость коричневого цвета. Консистенция этой жидкости – «от молока до густых сливок». Размер частиц (в диаметре) составляет обычно 0,1 - 20 микрон.



Эмульсия «масло в воде»



Эмульсия «вода в масле»



Многофазная эмульсия

ПРОИЗВОДСТВО БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Битумные эмульсии обычно получают с использованием коллоидной мельницы, однако их приготовление возможно также с использованием и других диспергирующих устройств. В коллоидной мельнице эмульсию получают путём прохождения смеси горячего битума и водной фазы между вращающимся ротором (диском, конусом или гидромуфтой) с одной стороны, и неподвижным статором – с другой стороны. Ротор, так же как и статор, могут иметь нарезанные пазы или зубцы – для создания турбулентного потока.

Для приготовления битумной эмульсии могут использоваться установки либо порционного, либо непрерывного действия. Порционный производственный процесс состоит, по меньшей мере, из двух стадий – приготовления так называемой «водной (или мыльной) фазы» и собственно производства эмульсии. Водная фаза готовится в резервуаре, в который подаются отдозированная

подогретая вода, эмульгатор, кислота или щелочь, а также другие добавки. Полученный раствор надлежащим образом перемешивается. На стадии производства эмульсии битум и предварительно приготовленная водная фаза подаются (в определённой пропорции) в коллоидную мельницу. Если требуется добавление в битум растворителя, то возникает также необходимость в порционном резервуаре для битума; или же растворитель дозируется и вводится в поток битума в непрерывном режиме.

На установке порционного действия в собственно процесс производства включено только лишь несколько потоков материалов, что позволяет осуществлять ручное управление технологическим процессом. Точная дозировка различных компонентов играет решающую роль в обеспечении качества эмульсии. Применение полностью автоматизированного (или полуватоматизированного) управления обеспечивает более эффективный

производственный процесс со снижением субъективной погрешности. Используемые химические добавки могут быть опасными для здоровья, либо такими, что вызывают коррозию металла. Это значит, что более предпочтительными к применению (по сравнению с открытыми резервуарами и переносными насосами) следует считать закрытые дозирующие системы – с точки зрения обеспечения безопасности обслуживающего персонала, а также соблюдения правил охраны окружающей среды.

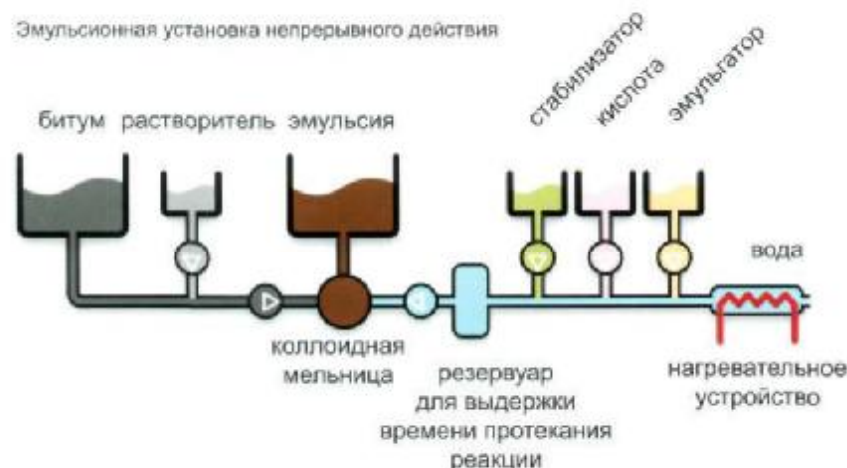
При непрерывном производственном процессе нагревание воды и дозировка всех материалов выполняются в непрерывном режиме, с использованием отдельных дозирующих насосов для каждого из материалов. Порционные резервуары не используются. Вместо этого, система подачи водной фазы дооборудована таким образом, чтобы обеспечить достаточный временной интервал для протекания реакции между задействованными химическими добавками с целью их нейтрализации и растворения до того момента, когда водная фаза соединится с битумом. Данный технологический процесс требует применения автоматизированного управления с использованием расходомеров для дозировки всех материалов за исключением кислоты, управление подачей которой производится исходя из замеренного показателя pH в водной фазе.

При получении эмульсии предусмотрена возможность использования различных полимерных модификаторов, таких как латексы, полимеры типа СБС (стирол-бутадиен-стирол) или другие добавки к битуму. При этом возникает необходимость дооснащения установки дополнительным оборудованием, а также реализации соответствующих технических решений. Латекс, например, является чувствительным к внешнему воздействию, в результате которого может распадаться и закупоривать насосы или трубопроводы. В случае использования битумов, модифицированных СБС-полимерами, обычно возникает необходимость выпуска эмульсии при температуре, превышающей точку кипения воды, что в свою очередь требует осуществлять производство при избыточном давлении, а затем охлаждать полученный продукт до того как он будет подан (с переходом к обычному атмосферному давлению) в резервуар для хранения.

Эмульсионная установка порционного действия



Эмульсионная установка непрерывного действия





ПРОЦЕСС ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ

В процессе эмульгирования происходит диспергирование (дробление) битума на микроскопические частицы. Этому процессу противодействует внутренняя когезия и вязкость битума, а также сила поверхностного натяжения, которая оказывает сопротивление образованию новой поверхности раздела.

Частицы битума проявляют тенденцию к коалесценции (слиянию). Для получения эмульсии необходимо не только правильным образом приложить механическую энергию с целью получения малых по размеру частиц битума, но также и предотвратить их слияние – после того как они образованы.

Размер частиц в полученной эмульсии может зависеть от конструктивных особенностей мельницы, скорости вращения ее ротора, зазора между ротором и статором, времени нахождения компонентов в мельнице, концентрации и типа эмульгатора, а также от температуры эмульгирования.

Показатель вязкости битума при эмульгировании не должен превышать 500 сантистоксов. Для снижения вязкости битума перед подачей в кол-

лоидную мельницу он нагревается до температуры 110-160 °С.

Для улучшения растворения эмульгаторов водная фаза нагревается до 30-70 °С.

В эмульсионных установках, не предусматривающих создания избыточного давления, эта температура ограничена 100 °С, но в оборудовании, где такая возможность предусмотрена, температура может достигать 120°C или выше. Системы с избыточным давлением необходимы при работе с твердыми битумами или битумами с высокой степенью модификации полимерами.



ДЕЙСТВИЕ ЭМУЛЬГАТОРА

Площадь межфазной поверхности между жидкими фазами резко возрастает при переходе вещества в эмульсию. Один литр битумной эмульсии может иметь площадь межфазной поверхности в 5000 м². Для создания такой поверхности раздела требуется затратить энергию. Уровень затрат энергии здесь может быть снижен за счёт адсорбции эмульгаторов, снижающих поверхностное натяжение на границе фаз битум/вода. Свойства эмульгатора и его концентрация оказывают влияние на размер битумных частиц.

После образования эмульсии необходимо обеспечить стабилизацию частичек битума во избежание их слияния (коалесценции). Эмульгатор, адсорбированный на поверхности битумных частиц, создаёт энергетический барьер электрического и пространственного отталкивания, который препятствует их сближению. Даже если этот энергетический барьер оказывается преодоленным, и частицы слипаются в сгустки (флокулируют), плёнка из эмульгатора на поверхностях битумных частиц всё ещё предотвращает их слияние.

Эффекты флокуляции и коалесценции могут возникать в результате осаждения, кипения, замораживания эмульсии, а также при воздействии на неё сдвигающих усилий. Это может происходить также вследствие контакта с минеральными материалами, и представляет собой важные этапы процесса распада эмульсии.

Следует отметить, что содержание эмульгатора, превышающее то количество, которое требуется для распределения его на поверхности раздела, позволяет обеспечить повышение уровня стабильности и необходимые рабочие характеристики эмульсии. В битумных эмульсиях некоторое количество «свободного» эмульгатора содействует предотвращению коалесценции в процессе хранения и транспортировки эмульсии.

Стабильная эмульсия



Электрический заряд на каплях препятствует их плотному взаимному сближению

Флокуляция (Образование сгустков)



Плотное сближение капель приводит к эффекту слипания капель между собой

Коалесценция (Слияние)



Вода стекает между каплями и плёнка из поверхностно-активного вещества разрушается; капли сливаются воедино

ТИПИЧНЫЕ МОЛЕКУЛЫ ЭМУЛЬГАТОРА



ХИМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ЭМУЛЬГАТОРОВ

Процесс концентрации (адсорбции) эмульгатора на поверхности раздела фаз (то есть проявление поверхностной активности) объясняется строением его молекулы, которая содержит гидрофильную функциональную группу и гидрофобный (липофильный) радикал, получаемый из таких восстанавливаемых материалов как жиры, растительные масла и древесина. Молекулы эмульгаторов, основанные на таких веществах как белки, лигнины, полимеры и минералы, могут иметь одну или большее количество гидрофобных и гидрофильных «секций». На поверхности раздела молекула эмульгатора располагается с ориентацией гидрофобной части в направлении маслянистой битумной фазы, а функциональная группа и противоионы – в направлении водной фазы.

Для предотвращения коалесценции частицы битума не должны контакти-

ровать между собой.

Есть два разных способа достижения этой цели. Ионные эмульгаторы заряжают поверхность битумных частиц и, в случае приближения этих частиц друг к другу, полученные ими заряды приводят к возникновению отталкивающей силы. Поскольку заряд на некоторых анионных и катионных эмульгаторах зависит от величины показателя pH, то это состояние равновесности может быть нарушено при изменении значения упомянутого показателя. Другим механизмом стабилизации является создание чисто физического препятствия сближению частиц. При этом в качестве эмульгатора могут использоваться тонкоизмельченные порошкообразные вещества (например, глины). В этом случае говорят не об эмульсиях, а о пастах.

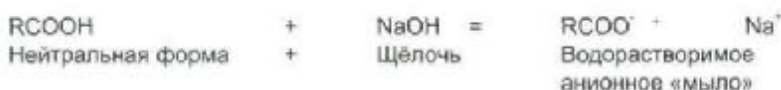
Молекула эмульгатора намного меньше частицы битума, и каждая капля

стабилизируется тысячами молекул эмульгатора.

Если представить себе частицу битума размером с земной шар, то тогда каждая из функциональных групп молекулы эмульгатора заняла бы площадь в 10 квадратных километров, а липофильный радикал («хвост») молекулы проник бы на 8 км вглубь земной поверхности.

Многие из катионных эмульгаторов поставляются в нейтральной водонерастворимой форме. В этом случае для получения катионной формы эмульгатора требуется его нейтрализация кислотой (например, соляной, фосфорной, уксусной или серной). Аналогичным образом, для некоторых анионных эмульгаторов требуется их нейтрализация гидроксидом натрия, аммония или калия. Даже в случае использования водорастворимых эмульгаторов их активность также зависит от показателя pH. При этом кислотные эмульсии являются катионными, а щелочные эмульсии – анионными.

ОБРАЗОВАНИЕ СОЛЕЙ



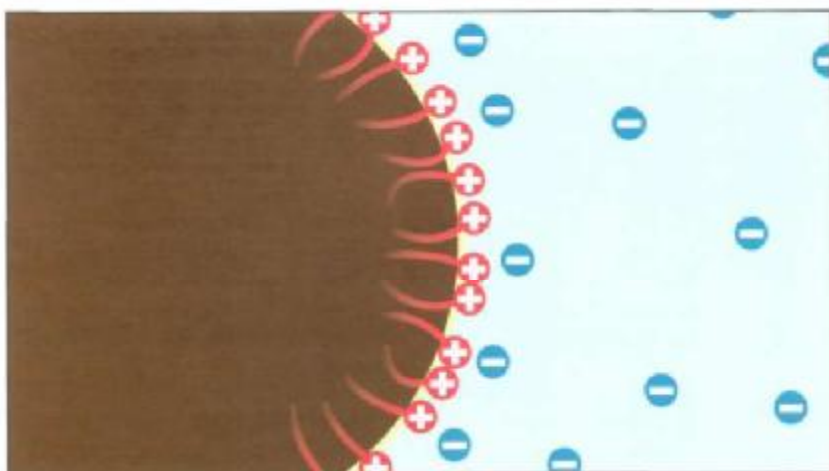


СТАБИЛИЗАЦИЯ ЭМУЛЬСИИ

Механизм стабилизации эмульсии зависит от природы гидрофильной функциональной группы эмульгатора. При применении эмульгаторов с большими гидрофильными группами можно предотвратить сближение частиц битума за счёт эффекта пространственного отталкивания. Главным, однако, является то, что гидрофильные группы эмульгатора образуют на поверхности частиц битума одноимённо заряженные адсорбционные слои, что приводит к электростатическому отталкиванию таких частиц в воде.

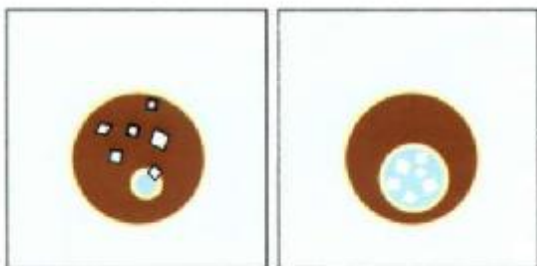
В зависимости от заряда эмульгаторы подразделяют на анионные, катионные, амфотерные и неионные.

Величина и знак заряда на частицах битума могут быть измерены и выражены как их электрокинетический потенциал. Значения этих потенциалов находятся в зависимости от показателя pH среды, и эмульсии, содержащие частицы с низкими значениями электрокинетического потенциала (положительного или отрицательного), имеют, как правило, более низкую реакционную способность.



Молекулы эмульгатора сосредотачиваются на поверхности раздела фаз

ПРОЧИЕ КОМПОНЕНТЫ ЭМУЛЬСИИ И ИХ ДЕЙСТВИЕ



Вода втягивается в каплю битума, что приводит к повышению вязкости эмульсии

Хлорид кальция

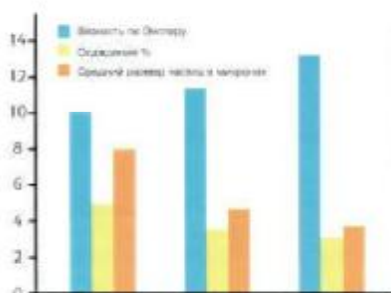
Хлорид кальция или другие растворимые соли часто включаются в состав водной фазы катионных эмульсий при уровне дозировки 0,05-0,1%. Битум может содержать соль, оставшуюся в его составе вследствие недостаточного обессоливания сырой нефти. Эта соль может привести к разбуханию частиц битума в эмульсии в силу действия явления осмоса. Как результат, повышается вязкость эмульсии. Применение хлорида кальция способствует уменьшению действия осмоса и замедлению роста вязкости эмульсии в процессе хранения. Применением хлорида кальция можно также добиться уменьшения образования осадка в эмульсии (путём повышения плотности водной фазы), а в некоторых случаях – и улучшения эффекта от использования эмульгаторов.

Триполифосфат натрия

Анионные эмульсии могут быть чувствительными к жёсткой воде. Введение в рецептуру 0,1% триполифосфата натрия делает воду более мягкой и улучшает качество эмульсии.

Адгезионные добавки

Сопротивление действию воды является важным показателем качества органоминеральных смесей. Анионные эмульсии часто (а иногда и катионные), не имеют достаточной адгезии к каменному материалу. В этом случае можно практиковать добавление адгезионных добавок в битум до эмульгирования или же в готовую эмульсию.



Пептизаторы битума улучшают свойства эмульсии

Пептизаторы битума

У разных битумов имеются различия в плане их способности к эмульгированию. Иногда можно добиться улучшения качества эмульсии за счёт обработки битума

ма пептизатором. К улучшенным показателям можно отнести лучшую адгезию и меньший размер частиц, что в свою очередь приводит к ослаблению эффекта осаждения эмульсии и к повышению её однородности.

Латекс

За счёт модификации полимером можно добиться улучшения свойств битума: увеличения когезии, повышения его тепло- и трещино-стойкости. Латекс, представляя собой водную дисперсию полимера, является оптимальным модификатором эмульсий. Его можно вводить как в водную, так и в битумную фазу, а также в готовую эмульсию. Латекс поставляется в катионной, анионной и неионогенной формах. Поэтому очень важной является совместимость латекса (по своему типу) с эмульсией.

Загустители

Растворимые в воде загустители могут повышать вязкость эмульсии, помогая выдерживать соответствие государственным стандартам, или же способствуя уменьшению эффекта вытекания эмульсии из смесей пористого грансостава. Их можно добавлять в водную фазу или в готовую эмульсию – как правило, при уровне дозировки 0,02-0,20 %. Загустители могут оказывать воздействие на такие свойства эмульсии как распад и адгезия, и поэтому их подбор следует производить с особым вниманием.

УРОВНИ ДОЗИРОВКИ ДЛЯ ТИПИЧНЫХ ЭМУЛЬГАТОРОВ

Тип эмульсии	Уровень дозировки эмульгатора	Значение показателя pH в эмульсии	Типичный эмульгатор
Катионная, быстрораспадающаяся	0,15–0,25	2–3	Жирный диамин (на основе жиров животного происхождения)
Катионная, среднераспадающаяся	0,3–0,6	2–3	Жирный диамин (на основе жиров животного происхождения)
Катионная, медленнораспадающаяся	0,8–2,0	2–5	Четвертичный амин
Анионная, быстрораспадающаяся	0,2–0,4	10,5–12	Таловая кислота
Анионная, среднераспадающаяся	0,4–0,8	10,5–12	Таловая кислота
Анионная, медленнораспадающаяся	1,2–2,5	7,5–12	Неионогенный + лигносульфонат

ПРОЦЕСС РАСПАДА ЭМУЛЬСИИ

Для того чтобы битумные эмульсии выполняли свою функцию, необходимо, чтобы в результате их распада образовалась сплошная битумная плёнка. Скорость этого процесса зависит от реакционной способности эмульсии и каменного материала, а также от погодных условий, таких как температура и влажность. Существует классификация битумных эмульсий в зависимости от их реакционной способности.

Эмульсии быстрораспадающиеся
Эмульсии данного типа распадаются сразу же при контакте с чистым каменным материалом, имеющим небольшую удельную поверхность (например, при контакте со щебнем при устройстве поверхностной обработки).



Эмульсии среднераспадающиеся
Эмульсии данного типа распадаются при смешивании с каменными материалами, имеющими небольшую удельную поверхность. Данные эмульсии используются, например, для приготовления чёрного щебня или пористых органоминеральных смесей.

Эмульсии медленнораспадающиеся
Эмульсии данного типа распадаются в результате смешивания с минеральными материалами, имеющими большую удельную поверхность (в частности со смесями плотного зернового состава). В стандартах некоторых стран дано определение таких типов эмульсии как сверхстабильные. Такие эмульсии используются при приготовлении холодного асфальтобетона, эмульсионно-минеральных смесей, в том числе и литых, регенерированного асфальтобетона.

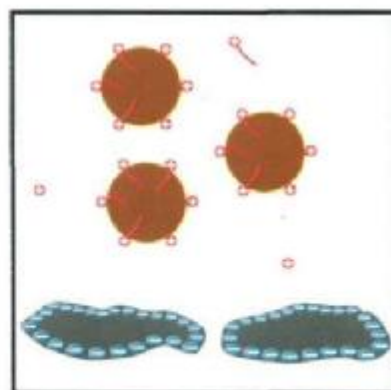
Возможные стадии распада катионной битумной эмульсии

Вид эмульсии зависит от типа и степени концентрации эмульгатора, выбранной кислоты (или другого способа регулирования показателя pH) и степени её концентрации, а также от типа и источника происхождения используемого битума.

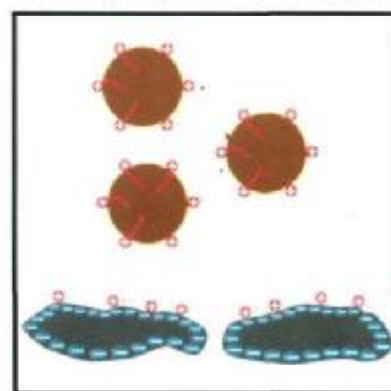
Каменные материалы обладают определённым поверхностным зарядом (при этом заряд зависит от показателя pH водной фазы и природных свойств минералов). Поверхность так называемых «кислых» каменных материалов с высоким содержанием оксида кремния имеет общий отрицательный заряд. В то же время поверхность щёлочных каменных материалов (таких как известняк) заряжена положительно. По мере того, как значение показателя pH среды, в которой находится каменный материал, повышается, минеральная поверхность любого типа проявляет тенденцию увеличения отрицательного заряда, в то время как присутствие в воде солей кальция или других катионов приводит к тенденции уменьшения отрицательного заряда на поверхностях.

Катионные эмульсии быстрее вступают в реакцию с каменным материалом, поверхность которого заряжена преимущественно отрицательно (граниты, кварциты, сиениты, и т.д.), хотя другие факторы могут иметь большее значение (см. ниже).

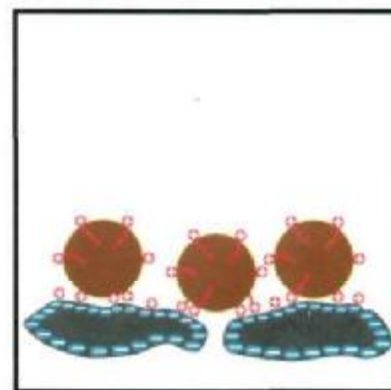
Следует отметить, что распад эмульсии представляет собой комплексный многофакторный процесс, который до конца ещё не изучен.



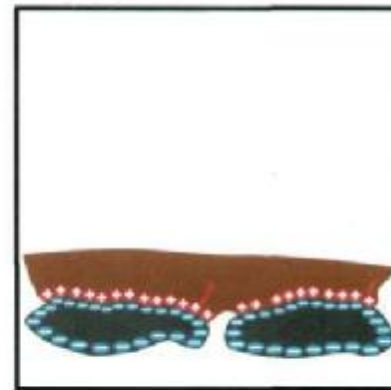
Контакт эмульсии с каменным материалом



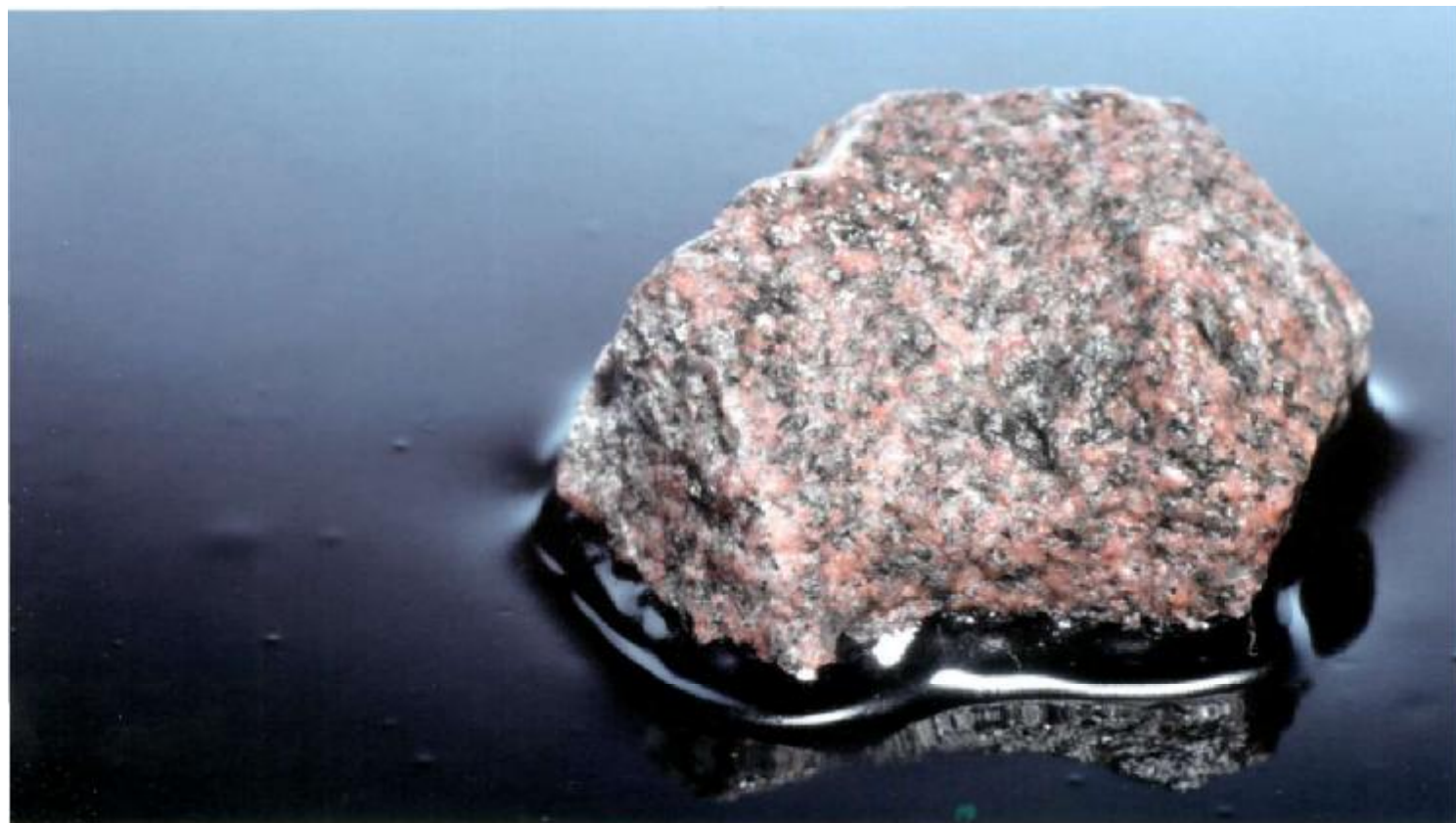
Адсорбция «свободного» эмульгатора



Электрофорез капель к поверхности



Коагуляция/устивание поверхности



НЕКОТОРЫЕ ИЗ ЭТАПОВ ПРОЦЕССА «РАСПАДА» МОГУТ СОПРОВОЖДАТЬСЯ:

1) Адсорбцией эмульгатора на поверхности каменного материала.

Свободные ионы или молекулы эмульгатора адсорбируются на поверхности каменного материала очень быстро. Эмульгатор с поверхности раздела фаз «битум/вода» отбирается гораздо более медленно. Устранение свободного стабилизирующего эмульгатора делает эмульсию, подверженную коалесценции, менее устойчивой, но с другой стороны, следствием этого является также уменьшение (или даже обращение на противоположный) поверхностного заряда каменного материала, что может замедлить процесс распада эмульсии.

2) Перемещением битумных частиц эмульсии к поверхности каменного материала.

Частицы битума в эмульсии имеют заряд и перемещаются к поверхности каменного материала с противоположным знаком (явление электрофореза). Адсорбирование на поверхности обеспечивает тесный контакт частиц, что приводит к флокуляции, коалесценции и устианию поверхности.

3) Изменениями показателя pH.

Некоторые типы каменного материала, такие как известняки, (или такие наполнители как известь или цемент) могут нейтрализовать кислоту, вызывая тем самым повышение показателя pH и дестабилизацию эмульсии. В некоторых других случаях каменный материал может адсорбировать ионы водорода, что приводит к менее выраженному повышению показателя pH, но всё же достаточно, чтобы вызвать дестабилизацию эмульсии. Такой каменный материал, как известняк, может поставлять в раствор ионы кальция или магния, которые способствуют нейтрализации заряда в анионных эмульсиях.

4) Испарением воды.

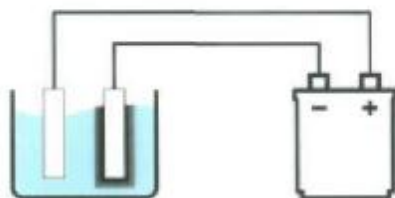
В меру того, как вода испаряется из смеси, частицы битума вступают в контакт, в результате чего происходит коалесценция. Для сверхстабильной эмульсии процесс испарения воды в ряде случаев может быть главной причиной распада.



МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

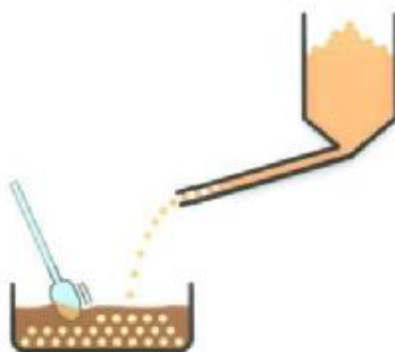
Как государственные, так и местные стандарты предусматривают проведение испытаний для подтверждения важных свойств битумных эмульсий. Этот перечень испытаний можно разделить на три группы:

ИСПЫТАНИЯ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАКА ЗАРЯДА И ИЗМЕРЕНИЯ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЭМУЛЬСИЙ



Тест на заряд частицы

Существует необходимость классификации эмульсий на катионные и анионные, а также соответственно на быстро-, средне- или медленно-распадающиеся. Определение заряда частицы представляет собой простое испытание на электрофорез, для выполнения которого в эмульсию погружаются электроды и один из электродов – либо отрицательный либо положительный – начинает покрываться битумом, в зависимости от того, является ли эмульсия соответственно катионной или анионной.



Тест на определение индекса распада (или тест на смешивание с цементом)

Реакционная способность эмульсии может быть измерена посредством тестов, по ходу которых стандартный каменный материал перемешивается с эмульсией или погружается в эмульсию, после чего определяется количество битума, отложившегося на поверхности материала. Существует альтернативный тип тестов, в соответствии с которым в эмульсию добавляются наполнители, такие как мелкий кварцевый песок или цемент. Речь идет о так называемом определе-

нии индекса распада (или испытании на смешивание с цементом). В качестве меры реакционной способности здесь выступает степень коалесценции или же количество наполнителя, необходимого для получения полной коалесценции.

В ходе других тестов эмульсия подвергается титрованию раствором, содержащим противоположно заряженные ионы и вызывающим распад эмульсии. Катионные эмульсии титруются анионным поверхностно-активным веществом, а анионные эмульсии – хлоридом кальция. Титр и будет представлять собой меру реакционной способности эмульсии, называемую «деэмульгируемость».

Определяющее воздействие на показатель реакционной способности эмульсий оказывает выбор эмульгатора и степень его концентрации, а также показатель pH эмульсий. В то же время производственные параметры также могут влиять на этот показатель.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭМУЛЬСИЙ, ИМЕЮЩИЕ ОТНОШЕНИЕ К ВОПРОСАМ ХРАНЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ И ОБРАЩЕНИЯ С НИМИ

Испытания на предмет присутствия крупных частиц битума в эмульсии, которые могли бы заблокировать насосы и распыляющие форсунки, производятся путём простого просеивания через сито с размером ячеек на 150, 630 или 800 микрон (в ДСТУ Б В.2.7-129 сито № 14). Максимальный уровень **остатка на сите** точно оговорен (в ДСТУ Б В.2.7-129 0,5 %). Можно произвести повторные испытания по истечении определённого периода хранения эмульсии или после прохождения цикла **замораживания-оттаивания** – для получения показателя **стабильности при хранении**.

Показатель **вязкости** обычно определяется как время вытекания

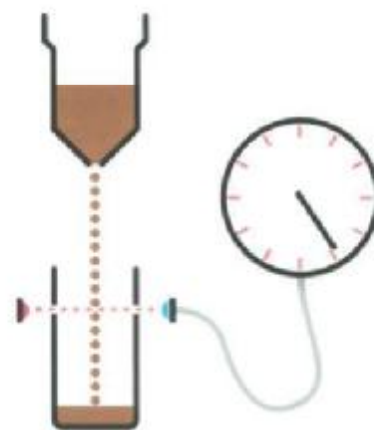
определённого количества эмульсии из стакана через отверстие стандартного диаметра при установленной температуре. Стаканы «Сейболт Фьюрол» (Saybolt Furol) используются для этой цели по большей части в странах Северной и Южной Америки, а вискозиметр «По стандартному дёгтю» (Standard Tar) – в странах Европы.

Основное влияние на показатель вязкости эмульсии оказывает содержание битума в эмульсии. При содержании битума более 65% – начинается стремительный рост показателя вязкости. Эмульсия с малым размером битумных частиц и узким графиком их распределения по размеру будет иметь более высокую вязкость, чем эмульсия с широким графиком или с двумя пиками на графике. На показатели размера частиц и их распределения по размеру в определённой степени могут оказывать воздействие свойства эмульгатора, его концентрация, а также производственные условия.

Высокое содержание соли в битумах способствует повышению вязкости эмульсии, поскольку из таких битумов могут получаться многофазные эмульсии, в которых некоторое количество воды захватывается внутрь частиц битума. Этот явление может иметь место при хранении эмульсии.

Если плотность битумных частиц отличается от плотности водной фазы, то они могут всплывать или опускаться на дно, что приводит к **образованию битумной плёнки** или **осаждению** битума после длительного хранения эмульсии. Испытания на **стабильность при хранении** предполагают, в общем случае, хранение эмульсии в цилиндрической ёмкости, с последующим сравнением содержания твёрдых частиц в верхних и нижних слоях после 1-5 дней. Во многих случаях процесс осаждения можно обратить вспять посредством перемешивания, однако плотная укладка осаждённых частиц битума может привести к коалесценции или же необратимой флокуляции.

Битумные эмульсии, как правило, характеризуются эффектом осаждения, хотя те из них, которые имеют высокое содержание растворителя,



Определение вязкости посредством стакана с отверстием для оттока



Образование поверхностной битумной плёнки

Осаждение битума

могут вызывать эффект образования поверхностной плёнки. Степень осаждения находится в зависимости от разности плотностей, размера частиц, содержания вяжущего, а также от вязкости водной фазы. За счёт выполнения операций по выравниванию плотностей двух фаз (таких как добавление растворителя, добавление солей или же повышение температуры хранения) – можно добиться ослабления эффекта осаждения, точно так же, как и за счёт принятия мер по повышению вязкости (таких как добавление загустителей). Изменения в составе эмульсии или в структуре производственного процесса (такие, что обеспечивают уменьшение среднего размера частиц) также приведут к уменьшению осаждения.

Свойства сформированной битумной плёнки

Содержание вяжущего в эмульсии может быть определено путём простого выпаривания воды, дистилляции или, опосредствованно, по **содержанию воды**.



МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

ПРОДОЛЖЕНИЕ

Посредством дистилляции можно определить содержание **дистиллята масла** в эмульсии, равно как и восстановить и отобрать **остаточный битум** для дальнейших испытаний. В методах испытаний, описанных в государственных стандартах некоторых стран, в качестве растворителя используются спирты и ацетон, которые помогают выделять битум из эмульсии (без необходимости высокотемпературного нагревания, которое могло бы изменить свойства вяжущего). Показатели свойств остаточного вяжущего могут быть определены по стандартным методам испытаний на битумы. Это определение температуры размягчения по кольцу и шару, определение пенетрации (глубины

проникания иглы) и кинематической вязкости. Определяются также низкотемпературные свойства вяжущего, такие как **температура хрупкости по Фраасу, упругое восстановление и пластичность**. Специально для анионных эмульсий на основе вяжущих материалов, характеризующихся пониженной температурной восприимчивостью, имеется **тест на плаучесть**. Использование эмульгаторов из талового масла в так называемых «высокоплавучих» эмульсиях приводит к гелеобразованию. В случае наличия в составе эмульсии полимеров этот эффект может усилиться.

Могут также проводиться испытания по определению **плотности остаточного битума, содержания золы в остаточном битуме** или **растворимости остаточного битума** в толуоле, ксилоле или трихлорэтилене.

Важным аспектом в испытании эмульсий является адгезия сформировавшейся битумной плёнки к каменному материалу (сопротивление отслаивающему действию воды) или её сопротивление ремюльгированию. Этот показатель можно тестировать посредством простых опытов на погружение с использованием стандартного каменного материала. Вообще говоря, катионные эмульсии демонстрируют лучшие адгезионные свойства, чем анионные эмульсии, однако **адгезию** анионных эмульсий можно улучшить посредством введения катионных адгезионных добавок.

По определённым технологиям – таким, как устройство тонких защитных слоёв с использованием литых эмульсионно-минеральных смесей (технология «Сларри Сил»), применение смесей пористого грансостава, технологий сцепляющего слоя и первичной пропитки – могут существовать требования по проведению особых испытаний эмульсий.

Стабильность эмульсии при транспортировке

Эмульсии могут быть стабильными по результатам обычных испытаний на стабильность при хранении, но проявлять подверженность коалесценции во время транспортировки или перекачивания. При проведении испытаний на стабильность при хранении,

более приближённых к реальности – эмульсия подвергается встряхиванию или циркуляционному перекачиванию насосом, после чего производится повторное определение остатка на сите.

Испытания на реакционную способность

Реакционная способность быстрораспадающихся эмульсий может быть определена с использованием стандартных стеклянных шариков или стандартной чистой щебёнки. Шарик покрывается эмульсией, после чего определяется вес вещества, отложившегося на их поверхности. В сравнении со стандартными тестами данный метод в лучшей степени обособляет процессы, происходящие на поверхности минерального материала, и даёт возможность отличить в действительности «способную вступить в реакцию» эмульсию от попросту «нестабильной».

Испытания на фильтрацию с испарением

Данные испытания позволяют измерить склонность битумных частиц эмульсии к коалесценции по мере того как уходит вода. Создаются условия для испарения воды из эмульсии, и составляется диаграмма величины остатка на сите в зависимости от потери воды.

Нестандартные испытания

Размер частиц и распределение частиц по размеру

С помощью определения остатка на сите измеряется количество частиц, выходящих по своим размерам за рамки предписанного (притом эти частицы представляют собой лишь небольшую долю из тех, что находятся в эмульсии). Полная картина распределения частиц по размеру может быть измерена с использованием таких технических приёмов как рассеяние света, микроскопия с анализом изображений, или же с помощью техники электрозонирования («техники Культера» - Coulter). Такие приёмы, как измерение размера частиц или распределения частиц по размеру, служат хорошим подспорьем при решении возникших проблем с вязкостью эмульсии, её стабильностью при хранении, её рабочими свойствами, а также при реализации контроля качества при производстве эмульсии.





СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ

В зависимости от способа применения эмульсия должна отвечать определённым требованиям. В различных странах имеются отличия в плане выбора типа эмульсии для каждого конкретного способа её применения. В приводимой ниже таблице сведены воедино те рекомендации, которые практикуются наиболее широко. Анионные эмульсии практически не используются за пределами стран Северной Америки в дорожном строительстве, но могут использоваться при устройстве некоторых промышленных покрытий.

	Анионные эмульсии			Катионные эмульсии			
	Быстрораспадающиеся	Среднераспадающиеся	Медленнораспадающиеся	Быстрораспадающиеся	Среднераспадающиеся	Медленнораспадающиеся	Сверхстабильные
Применение эмульсий путём розлива							
Поверхностная обработка	*			*			
Распыление по покрытию		*	*		*	*	*
Подгрунтовка (сцепляющий слой)		а,б	*		а,б	*	
Подгрунтовка (первичная пропитка)			*			*	*
Щебёночное покрытие с пропиткой				*			
Защитные слои износа							
Из литых эмульсионно-минеральных смесей («Сларри Сил») Технология «Кейп Сил» ^а			*			а,б	*
Из литых холодных асфальтобетонных смесей («Майкросерфейсинг»)						а,б	
Смеси заводского приготовления							
Пористого грансостава		а,б			*		
Плотного грансостава			*			*	*
Смеси для регенерации асфальтного покрытия		*			*	*	*
Смеси длительного хранения		а,б			а,б	*	*
Чёрный щебень					*	*	
Устройство дорожного покрытия смесями							
Пористого грансостава					а,б		
Смеси, приготавливаемые на месте укладки							
Смеси для регенерации асфальтного покрытия		а,б			а,б	*	*
Смеси для стабилизации грунтов			*			*	*
Смеси плотного грансостава			*			*	*

а) Может содержать до 10% растворителя; б) Требуется пройти испытание на смешивание с цементом; в) Слой поверхностной обработки и поверх него – слой «сларри сил» (для заполнения пустот предыдущего слоя).

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ

ПРОДОЛЖЕНИЕ

Поверхностная обработка

Согласно технологии устройства поверхностной обработки, вяжущий материал разливается по поверхности покрытия, после чего сверху распределяется щебень, который укатывается до того, как произойдет распад эмульсии (процесс можно повторить – для получения двойной поверхностной обработки). Данная технология используется на автодорогах всех технических категорий. С применением полимермодифицированного битума становится возможным использование данной технологии даже на дорогах с большими транспортными нагрузками. Благодаря применению технологии устройства поверхностной обработки обеспечивается возобновление структуры поверхности, водонепроницаемость и, в определённой степени, сопротивление трещинообразованию.

Преимуществом применения эмульсии при устройстве поверхностной обработки является использование влажного щебня.

Рекомендуется использовать нагретые до 50-85°C катионные быстрорастворяющиеся эмульсии с высоким содержанием битума (65-72%). При этом эмульсии могут быть модифицированы полимерами. Анионные быстрорастворяющиеся эмульсии используются в некоторых регионах Северной Америки, но в этом случае рекомендуется также применение адгезионных добавок – во избежание отрыва щебня от поверхности покрытия.

Устройство тонких защитных слоёв износа

Минеральный материал плотного грансостава смешивается с эмульсией и водой, а затем распределяется по поверхности дороги с толщиной слоя до 30 мм (в зависимости от размера наиболее крупной фракции каменного материала). Процесс обычно выполняется с применением специальной дорожной машины шламоукладчика. При этом, как правило, используются средне- или медленнораспадающиеся катионные эмульсии. Международной ассоциацией International Slurry Surfacing Association - www.slurry.org

предоставляется описание процессов тестирования, необходимых для разработки рецептур/систем по технологии устройства тонкослойных покрытий типа «Сларри Сил». В зависимости от выбора эмульгатора, можно получить быстроформирующееся покрытие, с возможностью пуска движения транспорта в пределах 60-ти минут. Технология укладки покрытия большей толщины (в том числе и двухслойного) с использованием холодных литых асфальтобетонных смесей быстрого формирования, содержащих полимермодифицированное вяжущее, имеет название «макрорсерфинг». При этом реакционная способность эмульсии должна быть приведена в соответствие с реакцион-

ной способностью каменного материала. Необходимые дополнительные химические добавки могут вводиться при приготовлении и укладке смеси шламоукладчиком – для регулирования скорости её формирования.

Смеси заводского приготовления

В состав смесей могут входить эмульсия и дроблёный каменный материал или же материал, регенерированный из асфальтного покрытия. При этом на данную смесь налагаются те же требования, что и для случая горячей смеси. В зависимости от грансостава каменного материала могут быть использованы средне- или медлен-





нораспадающиеся эмульсии. Холодные смеси, в составе которых есть комбинация битумной эмульсии с цементом, могут существенно улучшить несущую способность дорожного покрытия.

Холодные смеси для регенерации («рециклинга»), приготовляемые на месте укладки

Рециклинг может осуществляться как для верхних слоев покрытия, так и на всю его глубину. Регенерация выполняется с применением специальной передвижной установки, либо с использованием упрощенного оборудования. В технологии холодной регенерации битумные эмульсии используются либо сами по себе, либо в комбинации с цементом или известью. Наиболее часто с этой целью применяются медленнораспадающиеся катионные эмульсии.

Стабилизация грунтов

Катионные медленнораспадающиеся эмульсии могут применяться для стабилизации грунтов, состоящих из гравия и песка. Обработку грунтов с показателем песчаного эквивалента, превышающим 25 (показатель содержания глины), можно выполнять для

использования материала в качестве основания, с последующим перекрытием классическим горячим асфальтобетоном, или же для дорог с небольшой транспортной нагрузкой, где достаточно будет лишь уплотненного покрытия. Материалы с более низким значением песчаного эквивалента могут быть в некоторых случаях обработаны комбинацией из эмульсии и гидравлического вяжущего, такого как известь или цемент.

Подгрунтовка (пропитка несвязанного основания или первичная пропитка)

Технология подгрунтовки в виде пропитки используется на несвязанных (или же стабилизированных при помощи извести или цемента) материалах основания – с тем, чтобы обеспечить хорошую адгезию с уложенным сверху слоем горячего асфальтобетона. Пропитка должна проникать внутрь материала основания на глубину 1 - 4 см. Может возникнуть необходимость смешивания эмульсии с верхним слоем материала основания и дальнейшего уплотнения полученной смеси – с целью обеспечить проникание вяжущего на заданную глубину, что является особенно актуальным при укреплении основания. Для этого следует использовать медленнораспадающуюся эмульсию с расходом 1,5 кг/м². В некоторых странах для про-

питки используются инвертированные эмульсии, основанные на разжиженных битумах.

Подгрунтовка (сцепляющий слой)

Технология подгрунтовки для устройства сцепляющего слоя представляет собой, по сути, введение небольшого количества битума (в виде эмульсии) в промежуток между двумя слоями горячего асфальтобетона – с целью предотвращения их взаимного скольжения. В мире существует значительное разнообразие типов эмульсий, используемых для сцепляющего слоя. Во многих странах используются анионные или катионные медленнораспадающиеся эмульсии (при этом практикуется разбавление этих эмульсий водой), однако в Европе используются катионные быстрораспадающиеся эмульсии. В технологии сцепляющего слоя существует требование удаления любой возможной пыли с поверхности нижнего слоя асфальтобетона – и это требование сразу же ставит в выигрышное положение эмульсии с некоторым содержанием растворителя. В новейших разработках этой технологии сцепляющий слой основывается на использовании очень твердого вяжущего материала, который характеризуется быстрым затвердеванием и отсутствием эффекта прилипания к колесам транспорта или технологической техники.

Распыление по покрытию

Применение (в небольшом количестве) разбавленной эмульсии даёт эффект восстановления защитного битумного слоя поверхности дороги, подвергающейся воздействию погодных факторов, и продлевает срок службы дороги при минимальных затратах.

Щебёночное покрытие с пропиткой

На поверхность уплотненного слоя дорожного материала пористого грансостава наносится катионная быстро- или среднераспадающаяся эмульсия. Эмульсия проникает вглубь дорожного покрытия и тем самым укрепляет его.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Смесь каменного материала, плотного грансостава (Aggregate Mix, Dense-Graded)

Смесь, содержащая минеральный материал, гранулометрический состав которого подбирается в диапазоне от максимального размера щебня до размера минерального порошка – с целью получения смеси с битумом с относительно низким содержанием пустот.

Смесь каменного материала, пористого грансостава (Aggregate Mix, Open-Graded)

Смесь, содержащая небольшое количество минерального порошка (или вовсе не содержащая его), что даёт относительно довольно большое пространство пустот в утрамбованной смеси.

Вязущее (Binder)

Общий термин для органического вязущего, охватывающий такие термины как битум, каменноугольная смола или полимермодифицированный битум.

Битум (Bitumen)

Вязущий материал, получаемый путем окисления остатков перегонки нефти и селективного разделения нефтепродуктов, а также компаундированием высоковязких окисленных и неокисленных продуктов или прямой перегонкой нефти. В США употребляется термин Asphalt.

Битумная эмульсия, анионная (Bitumen Emulsion, Anionic)

Битумная эмульсия, в которой частицы битума имеют отрицательный заряд.

Битумная эмульсия, катионная (Bitumen Emulsion, Cationic)

Битумная эмульсия, в которой частицы битума имеют положительный заряд.

Уплотнение щебнем (Chip Seal)

Употребляемый в США термин для поверхностной обработки.

Электрофорез (Electrophoresis)

Движение под воздействием градиента электрического потенциала.

Межфазное поверхностное натяжение (Interfacial Tension)

Сила, действующая под углом 90° к линии поверхности раздела (воздействию этой силы подвергаются молекулы на поверхности раздела). Причиной её возникновения является дисбаланс между силами притяжения, исходящими от двух фаз. Натяжение на поверхности раздела и свободная энергия на поверхности раздела представляют собой меру усилия, которое необходимо затратить для увеличения площади поверхности раздела сред.

Инвертированная эмульсия (Inverted Emulsion)

Эмульсия «вода в масле», приготовленная из разжиженного битума. Типичное её применение – первичная пропитка или сцепляющий слой.

Латекс (Latex)

Дисперсия частичек натурального или синтетического каучука в воде. Основой обычно служат натуральный каучук, бутадиен-стирольный каучук (сополимер бутадиена и стирола), полихлоропрен или акрилаты.

Мицелла (Micelle)

Самопроизвольно образованное в воде объединение молекул поверхностно-активного вещества.

Первичная пропитка (Prime Coat)

Распыление жидкого вязущего на поверхность несвязанного слоя дорожного полотна для обеспечения хорошего сцепления со слоем горячего асфальтобетона.



Регенированное асфальтовое покрытие (Reclaimed Asphalt Pavement – RAP)

Старое покрытие, удалённое с поверхности дороги для повторного использования.

Мыло (Soap)

Общее название для поверхностно-активной добавки или эмульгатора.

Сцепляющий слой (Tack Coat)

Имеет также другое название «Связывающий слой» (Bond Coat). Способ применения жидкого битума низкой вязкости или эмульсии между слоями битуминозных (то есть, содержащих битум) материалов для предотвращения их взаимного скольжения.

Дзета-потенциал (Электрокинетический потенциал) (Zeta Potential)

Мера плотности заряда на поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Bitumen Emulsions**, SFERB, Paris 1991 [English Version Published by Colas France]
2. **A Basic Asphalt Emulsion Manual**, annual series No. 19 3rd edition, AEMA, USA
3. **Asphalt Emulsions (Chemistry and Concepts)**, Alan James, 2nd Asphalt Technology Conference of the Americas, Austin, Texas, October 12–16th 1998
4. **Manufacturing Process and Emulsion Properties**, G. Durand and J. E. Poirer, AEMA 21st Annual meeting, Florida 1994
5. **Formation of Emulsions**, Pieter Walstra, 2nd World Congress on Emulsion, 23–26th September 1997, Bordeaux, France, Volumé 4, p 67–74
6. **Influence of Continuous Phase Viscosity on Droplet Size in Continuous Emulsification**, Michael Stang, Herve Maze, Helmar Schubert, 2nd World Emulsion Congress, 23–26th September 1997, Bordeaux, France, paper 1-2-289
7. **The Esso SMEP Process**, Jean-Luc Marchal, 1st World Congress on Emulsion, 19–22nd October 1993, Paris, France, paper 1-12-208
8. **Water Enclosed within the Droplets of Bitumen Emulsions and its Relation to Viscosity Change during Storage**, Susan Furlong, Alan James, Edward Kalinowski and Martin Thompson, 2nd World Congress on Emulsion, 23–26 September 1997, Bordeaux France, paper 2-4-009
9. **Granulometry of Bitumen Emulsions by Image Analysis**, Alain Sinton, 2nd World Congress on Emulsion, 23–26th September 1997, Bordeaux, France, paper 2-1-248.
10. **Specifying Slurry Surfacing Emulsion Quality: Particle Size Distribution**, Mikael Engman, Alan James, David Needham and Tony Ng, ISSA 36th Annual meeting 1998, San Diego, USA.
11. **Solving Viscosity Problems by the Choice of Emulsifier**, Alan James, 24th AEMA Annual Meeting, 14–16th March 1997, Cancun, Mexico.
12. **Bitumen Emulsion Formulation: Use of Chemicals versus droplet size distribution to control Viscosity and Cohesion Kinetics**, Michel Ballie, Emmanuel Arrachard and Jean-Eric Poirier, 2nd World Congress on Emulsion, 23–16th September 1997, Bordeaux, France, paper 2-1-367.
13. **A 5-stage model for the Bitumen Emulsion Setting and its Importance for the Formulation and Application of such Emulsion**, Walther Glet, 2nd World Congress on Emulsion, 23–26th September 1997, Bordeaux France, paper 4-1C-070.
14. **Role of Cationic Emulsifiers in Rapid-Setting Bitumen emulsions: Study of the Distribution between the two Emulsion Phases**, Graziella Durand and Jean-Eric Poirier, 2nd World Congress on Emulsion, 23–26th September 1997, Bordeaux, France, paper 4-1B-295.
15. **Mechanismes de Rupture des Emulsions de Bitume Routier**, Maurice Bourrel and Francis Verzaro, L'Act Chim. (AS-R), 1996, 2.3, 42-48.
16. **Zeta potential Measurements on Bitumen Emulsions and Road Aggregates**, Julia Wates and Alan James, 1st World Congress on Emulsion, 19–22nd October 1993, Paris, France, paper 1-40 089.
17. **The Direct Measurement of the Adsorption of Cationic Surfactants onto the Surface of Slurry Seal Aggregates**, Alan James, David Stewart and Julia Wates, ISSA 28th Convention, 1990, Tampa, Florida.
18. **Electrophoretische Untersuchung des Brechverhalten von Bitumen Emulsionen**, Amir Samadjivan, Bitumen 4/94, 151-156.
19. **Phase Behaviour and Stability of Asphalt Emulsions**, Fernando Leal Calderon, Jaques Blais and Maurice Bourrel, 1st World Congress on Emulsion, 19–22nd October 1993, Paris, France, paper 1-22-029
20. **The Reactivity Test**, Nadjib Bousad, 1st World Congress on Emulsion, 19–22nd October 1993, Paris, France, paper 2-20-209.
21. **The Evaporation Filtration Test for Emulsion Inversion**, Jean-Luc Marchal, ASTM Symposium on Asphalt Emulsions 1988, Phoenix, Arizona, USA.
22. **Surface Dressing with Bitumen Emulsions: A Practical and Cost Effective Maintenance Technique to increase the Lifetime of Roads**, David Stewart, Bitumen Asia 95, 20–21st November 1995, Singapore.
23. **What You Need to Know about Slurry Seal**, Barry Dunn, Better Roads, March 1996, 21–25.
24. **Environmental and Safety aspects of Cationic Bitumen Emulsions**, Alan James and Bengt-Arne Thorstenson, 5th ISSA World Congress, Berlin 2002.
25. **Emulsification of High Softening Point Materials**, Alan James and Sundaram Logaraj, World Congress on Emulsion, Lyon France 2002.
26. **A Study of Cement Modified Bitumen Emulsion Mixtures**, S.F. Brown and David Needham, Proceedings of the technical session of AAPT, Reno, Nevada, 2000.





The information presented in this brochure is true and accurate to the best of our knowledge, but without any guarantee unless explicitly given. Since the conditions of use are beyond our control, we disclaim any liability incurred in connection with the use of these products data or suggestions, including those related to patent infringement.

©Akzo Nobel 2007
®Registered trademark Akzo Nobel



Asia:
Akzo Nobel Surfactants
41 Science Park Road #03-00
The Gemini, Singapore 117 610
Phone: +65 6773 8488
Fax: +65 6773 8484
e-mail: surfactants.asia@sc.akzonobel.com

Europe:
Akzo Nobel Surfactants
SE-444 85 Stenungsund,
Sweden
Phone: +46 303 850 00
Fax: +46 303 669 10
e-mail: chemicals.asphalt@akzonobel.com

Americas:
Akzo Nobel Surfactants
525 West Van Buren Street,
Chicago, Illinois 60607-3823
Main Phone: +1 312 544-7000
Toll-Free: 1-800-906-9977
Fax: (312) 544-7159
e-mail: CSRUSA@akzonobel.com

www.surfactants.akzonobel.com