

В.П. ДУБОДЕЛ¹, И.И. ЗЛОТНИКОВ², В.М. ШАПОВАЛОВ³

¹УО МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

²УО ГГТУ им. П.О. Сухого (г. Гомель, Беларусь)

³ГНУ ИММС им. В.А. Белого НАН Беларуси (г. Гомель, Беларусь)

УЛЬТРАДИСПЕРСНЫЙ ДИОКСИД КРЕМНИЯ КАК КОМПАТИБИЛИЗАТОР БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫХ СМЕСЕЙ

В настоящее время модифицирование нефтяных битумов полимерами является важным и актуальным технологическим способом повышения эксплуатационных свойств битумных строительных материалов различного функционального назначения. Наиболее широко для модифицирования используются эластомеры и термоэластопласты, в первую очередь, различные марки синтетических каучуков. В то же время активно применяются и термопластичные полимеры (в том числе и вторичные), например, такие как атактический полипропилен, сополимер этилена с винилацетатом, полиолефины. Главной проблемой при получении битумно-полимерных смесей является термодинамическая несовместимость компонентов, что приводит к слабой межфазной адгезии и не позволяет создавать на их основе смеси с высокими механическими свойствами [1; 2]. При модифицировании битума любыми полимерами, после термомеханического перемешивания не происходит взаимной растворимости компонентов, а образуется гетерогенная система с межфазными границами между компонентами [2]. При этом частицы термопластичных полимеров в битуме распределяются независимо друг от друга и не образуют пространственную макроструктуру внутри битума. Поэтому для повышения механических свойств битумно-полимерных смесей и снижения негативного влияния несовместимости компонентов необходимо увеличение их межфазной адгезии.

Аналогичная проблема возникает и при разработке композиционных материалов на основе полимерных смесей. В этом случае повышение межфазной адгезии обычно достигается путем введения в смесь полимеров специального компонента – компатибилизатора. Как правило, это вещества с двойственной структурой, имеющей области схожего строения с двумя другими компонентами смеси. Для повышения механических свойств битумно-полимерных материалов такой способ не применялся. Вместе с тем, из литературных источников известны случаи значительного повышения прочности, ударной вязкости и даже эластичности смесей некоторых полимеров, характеризующихся низкой межфазной адгезией, при введении в них дисперсных минеральных наполнителей, таких как аэросил, бентонитовая глина, технический углерод, что позволяет сделать вывод о компатибилизирующем действии высокодисперсных наполнителей, причем такой эффект достигается, если частицы наполнителя локализируются на границе раздела фаз [3]. Авторами данной работы в предыдущих исследованиях [4] был установлен факт значительного повышения механической прочности битумно-полимерных материалов при их модифицировании высокодисперсным диоксидом кремния. Это позволяет предположить, что механизм компатибилизирующего действия диоксида кремния может быть реализован не только в полимерных, но и в битумно-полимерных смесях.

В связи с вышеизложенным, целью данного исследования является изучение механизма влияния высокодисперсного диоксида кремния на структуру и физико-механические свойства битумно-полимерных смесей.

Для исследований использовали нефтяной битум марки БН 70/30, полиэтилен низкого давления (ПЭНД) марки 20308-005 по ГОСТ 16338 порошкообразный с размером частиц 300 мкм, аэросил марки А-175 по ГОСТ 14992. Образцы изготавливали двумя способами.

1. В металлическую емкость загружали битум и разогревали до температуры 150 °С. В полученный расплав вводили аэросил и перемешивали смесь до полной гомогенизации. Затем при непрерывном перемешивании в расплав вводили порошкообразный полимер

и нагревали смесь до 180 °С. Композицию перемешивали еще около 10 мин и заливали расплав в кюветы из алюминиевой фольги.

2. В высокоскоростном смесителе смешивали порошок полимера с аэросилом и вводили в разогретый до 150 °С битум. Смесь нагревали до 180 °С, перемешивали 10 мин и использовали для получения образцов.

При изготовлении образцов по первому способу частицы аэросила оказываются равномерно распределенными в битуме, а их концентрация на границе с полимерной фазой такая же, как и во всем объеме. В образцах, изготовленных по второму способу, частицы аэросила плотно покрывают поверхность частиц полимера и после смешения с расплавом битума концентрация частиц аэросила на границе раздела фаз значительно выше, чем в объеме материала. Внутри полимерной фазы в обоих случаях частицы наполнителя практически не проникают. На приведенной микрофотографии (рисунок 1) хорошо видно, что частицы аэросила концентрируются вокруг полимерной фазы, почти не содержащей наполнителя.

Для полученных образцов проводили определение следующих параметров: глубину проникания иглы при 25 °С по ГОСТ 11505, температуру размягчения по ГОСТ 11506, и прочность сцепления с бетонным основанием. Прочность сцепления определяли на разрывной машине методом нормального отрыва бетонных прямоугольных образцов, склеенных различными составами после 3 суток выдержки при температуре 20±5 °С.

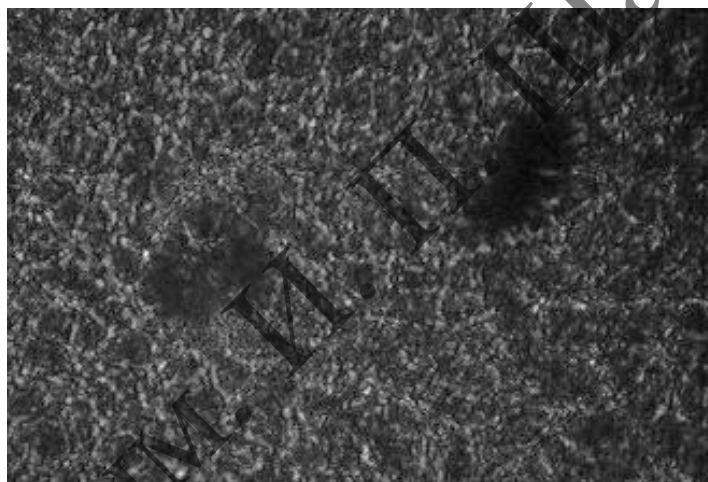


Рисунок 1 – Распределение частиц диоксида кремния в объёме битумно-полимерной смеси, изготовленной по второму способу. Увеличение ×125

В таблице 1 приведены свойства битумно-полимерных композиций, приготовленных способами, описанными выше.

Таблица 1 – Свойства битумно-полимерных композиций

Показатель	Битум исходный	Способ 1	Способ 2
Температура размягчения, °С	70	118	126
Глубина проникания иглы при 25 °С, мм	3,1		
Прочность сцепления с бетоном, МПа	0,6	1,4	1,6

Как следует из приведенных данных, образцы, изготовленные по второму способу, обладают более высокими показателями, что объясняется более сильным межфазным взаимодействием битума и полимера. Это обусловлено тем, что частицы диоксида кремния,

располагаясь на границе раздела фаз, связывают их друг с другом посредством хемосорбционного взаимодействия. А увеличение адгезии к бетону в зависимости от способа введения аэросила объясняется тем, что разрушение склеенных бетонных образцов всегда происходит по битумно-полимерному материалу, а не по границе раздела с бетоном (практически чисто когезионное разрушение), а поскольку механическая прочность материала, изготовленного по второму способу выше, то и адгезия сильнее.

Таким образом, механизм повышения прочности битумно-полимерных материалов, содержащих высокодисперсные наполнители, обусловлен комплексом процессов, протекающих в исследуемой композиционной системе и в частности с локализацией частиц наполнителя на границе раздела фаз и играющих роль компатибилизатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галдина, В.Д. Модифицированные битумы : учеб. пособие / В.Д. Галдина. – Омск : СибАДИ, 2009. – 228 с.
2. Шрубок, А.О. Анализ и совершенствование методов оценки стабильности полимерно-битумных вяжущих / А.О. Шрубок, Б.Ж. Хаппи Вако, Ю.А. Степанович // Труды БГТУ. Сер. 2. – 2020. – № 1. – С. 69–75.
3. Заикин, А.Е. Компатибилизация смесей несовместимых полимеров наполнением / А.Е. Заикин, Г.Б. Бобров // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. – 2012. – Т. 54, № 8. – С. 1275–1282.
4. Дубодел, В.П. Опыт разработки гидроизоляционных битумно-полимерных материалов с использованием смесей вторичных полимеров / В.П. Дубодел, И.И. Злотников, В.М. Шаповалов // Вестн. Брестск. гос. техн. ун-та. – 2022. – № 1. – С. 17–20.

О.И. ДУДКОВСКАЯ

УО МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Промышленность строительных материалов и конструкций является важнейшей структурной частью строительного комплекса, от эффективности работы которой зависит успешная деятельность строительного комплекса в целом. На долю промышленности строительных материалов приходится примерно 3,6 % всего ВВП [1].

Строительство как отрасль имеет важное народнохозяйственное значение. Развитие отрасли или ее упадок наиболее ярко отображается на региональном уровне как в показателях количественных, позволяющих установить значение в формировании валового внутреннего продукта, так и в качественных, влияющих на развитость инфраструктуры, внешний облик регионов, отзывы жителей о качестве жизни и удовлетворенности условиями проживания.

Строительные материалы играют важную роль в наш современный век технологий [3]. Хотя их наиболее важное применение – в строительстве, ни одна область инженерного дела немислима без их использования. Кроме того, промышленность строительных материалов вносит важный вклад в национальную экономику, поскольку ее продукция определяет как темпы, так и качество строительных работ [4].

На территории Беларуси разведаны месторождения строительных материалов, сырье которых используется в натуральном виде или после соответствующей технологической переработки. В недрах нашей страны есть залежи таких карбонатных пород, как мел, мергель, глина и суглинки, песок и гравийно-песчаные породы, строительный камень и другие. Они используются при производстве цемента, извести, керамических и силикатных штучных