

УДК 625.878.06(571.17)

ОЦЕНКА СВОЙСТВ РЕЗИНОБИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ ПРИ МНОГОСТАДИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

С.А. Иванов, ассистент кафедры автомобильных дорог и городского кадастра
Научный руководитель: С.Н. Шабаев., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой
автомобильных дорог и городского кадастра
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

В силу сложившихся обстоятельств в России широко распространено производство окисленных битумов, которые не соответствуют требованиям, предъявляемым к погодно-климатическим условиям Сибирского федерального округа. Применение полимеров для модификации битумов относится к одной из наиболее активно внедряющихся технологий строительства и ремонта покрытий автомобильных дорог. Актуальным является производство модифицированных битумов различными полимерными добавками. Наиболее интересными полимерами модифицирующие битум является резиновая крошка, так как она позволяет решить вопросы утилизации изношенных автомобильных шин.

В настоящее время существует большое количество технологий применения резиновой крошки при модифицировании битума, которые отличаются между собой режимом получения и формой применяемых компонентов.

Простейшим способом утилизации шин при модифицировании битумов является прямое введение в них резиновой крошки, полученной путем измельчения изношенных покрышек. Однако полученные таким образом материалы, оказались вопреки ожиданиям недолговечными. На первом этапе использования, резиновая крошка не могла реализовать своих эластичных свойств, создавая лишь центры эластичности и не образуя единой полимерной сетки. Указанные недостатки удалось в последствии устранить путем девулканизации резины, т.е. разрушения вулканизационных мостиков - поперечных связей, чаще всего серных, реже смоляных или перекисных [1].

В литературе [2] рекомендуют вводить резиновую крошку в минеральные смеси в процессе перемешивания. Количество резиновой крошки должно составлять от 1,5 до 3 % от массы минеральной части асфальтобетона и крошка должна иметь не менее 80 % зерен размером мельче 0,63 мм. При этом битума должно быть не менее 10 % для песчаного и не менее 7 % для щебенистого асфальтобетона, а температура нагрева минеральных материалов должна составлять от 160 до 180 °С при производстве уплотняемых асфальтобетонных смесей и от 190 до 250 °С при производстве литых смесей. Авторы предлагают производить процесс пластификации посредством тер-

момеханической обработки, пропуская набухшей в нефтяном гудроне (или битуме) резины через аппарат-пластификатор, объединенный с шестеренчатым насосом, при оптимальной температуре от 225 до 235 °С.

Авторы патента [3] предлагают в разогретый битум до 120-140 °С вводить дивинилстирольный термоэластопласт, который перемешивают в течение 3-5 ч, затем добавляют резиновую крошку и непрерывно перемешивают в течение часа, затем вводят диабазовую пыль и перемешивают еще один час.

В источнике [4] предложен способ приготовления резинобитумного вяжущего на основе «Эластомера дорожного», который приготавливают путем смешения резиновой крошки и сланцевого масла в течение 3-4 ч при температуре от 180 до 210 °С, после чего добавляют отвердитель и процесс перемешивания продолжается еще 1,5 часа при температуре от 170 до 190 °С. По окончании процесса приготовления «Эластомера дорожного» в смесь закачивают требуемое количество обезвоженного и нагретого до 160 °С битума.

На сегодняшний день многообразие экспериментальных работ, проведенных как в нашей стране, так и за рубежом, не дают однозначных данных о применении резинобитумных вяжущих. Об этом свидетельствуют рекомендуемые технологические параметры приготовления резинобитумного вяжущего и его состав.

В ходе многочисленных экспериментов было установлено, что наиболее рациональными технологическими параметрами получения композиционных резинобитумных вяжущих, состоящих из битума, масла-пластификатора и резиновой крошки изношенных автомобильных шин, являются температура $230 \pm 5^\circ\text{C}$ и время смешения 2,15-2,45 часа. При этом наблюдается достаточная для процесса модификации битумов пластификация резиновой крошки с образованием мицелл, что ведет к получению продукта, обладающего значительно улучшенными физико-химическими свойствами, по сравнению с исходным битумом.

Однако также было отмечено, что на свойства композиционных резинобитумных вяжущих также оказывает значительное влияние стадийность процесса их получения.

Чтобы дать объективную оценку влияния стадийности технологического процесса получения композиционных резинобитумных вяжущих на их свойства, был поставлен соответствующий эксперимент:

1. В первом случае (базовый способ) композиционное резинобитумное вяжущее заданного состава было приготовлено в одну стадию, характеризующуюся тем, что все компоненты были загружены в один реакционный котел с выдерживанием при постоянном перемешивании при заданных температуре и времени.

2. По второму способу было принято решение получить композиционное резинобитумное вяжущее при использовании стадийного процесса. Суть состояла в том, что способ получения разделен на две стадии и заключается в предварительной термомеханической обработке резиновой крошки в количестве 37,5 % в среде битума в количестве 50 % и нефтяного масла в количестве 12,5 % с

получением концентрированной суспензии резинобитумного композита, с последующим термомеханическим смешением концентрированной суспензии резинобитумного композита в количестве от 52 % с битумом в количестве 48 %.

3. Третий способ характеризовался получением композиционного резинобитумного вяжущего подобно второму варианту с тем отличием, что резиновая крошка вводилась частями. Суть метода заключается в том, что в среду битума в количестве 50 % и нефтяного масла в количестве от 12,5 %, нагретую в битумном котле при постоянном перемешивании до температуры $230 \pm 5^\circ\text{C}$, добавляют резиновую крошку размером до 1 мм, имеющую температуру, соответствующую температуре окружающей среды, в количестве от 12,5 %, смесь непрерывно перемешивают в течение 20-30 минут, повторно добавляют резиновую крошку в количестве 12,5 %, смесь непрерывно перемешивают в течение 40-50 минут, повторно добавляют резиновую крошку в количестве от 12,5 %, смесь непрерывно перемешивают в течение 70-80 минут с образованием концентрированной суспензии резинобитумного композита. Непосредственно после получения в концентрированную суспензию резинобитумного композита в количестве 52 % добавляют битум в количестве 48 %, имеющий температуру от 80 до 170°C , отключают нагревательные элементы и смесь окончательно перемешивают в течение 10-15 минут с получением композиционного резинобитумного вяжущего.

4. По четвертому способу было принято решение увеличить концентрацию резиновой крошки в концентрированной суспензии резинобитумного композита. Так как ввести резиновую крошку в один прием в данном случае не представляется возможным, то было принято решение вводить ее в состав частями по аналогии с третьим вариантом. При этом соотношение компонентов в концентрированной суспензии резинобитумного композита было принято: резиновая крошка : масло-пластификатор : битум = 3 : 1 : 3.

5. Последний способ повторяет четвертый с той разницей, что резиновая крошка вводилась в состав в пять стадий.

После получения композиционных резинобитумных вяжущих по каждому варианту производилась оценка их физико-химических свойств. Результаты исследований приведены в таблице.

Таблица – Физико-химические свойства композиционных резинобитумных вяжущих, полученных различными способами

№ способа получения	Физико-химические свойства									
	П25	П0	Д25	Д0	Э25	Э0	КиШ	Хр	ΔКиШ	ΔМ
	Исходный битум БНД 60/90									
-	61	26	71	2,9	-	-	53	-19	2	0,11
	Композиционное резинобитумное вяжущее									
Способ 1	44	19	13,0	7,5	86	80	58	-24,5	8	0,57
Способ 2	57	25	10,3	8,0	85	78	68	-25	-1	0,59
Способ 3	47	20	12,1	7,1	91	83	64	-25	2	0,62
Способ 4	40	26	10,1	7,4	91	78	67	-24,5	-1	0,56
Способ 5	43	22	11,0	6,3	88	86	64	-21	2	0,55

Примечания:

П25 – глубина проникания иглы при температуре 25°C, доли мм;

П0 – глубина проникания иглы при температуре 0°C, доли мм;

Д25 – растяжимость при температуре 25°C, см;

Д0 – растяжимость при температуре 0°C, см;

Э25 – эластичность при температуре 25°C, %;

Э0 – эластичность при температуре 0°C, %;

КиШ – температура размягчения по методу «Кольцо и шар», °С;

ΔКиШ – изменение температуры размягчения по методу «Кольцо и шар» после прогрева, °С;

ΔМ – изменение массы после прогрева, %.

Анализ полученных данных позволяет сделать несколько важных выводов:

1. Если приготавливать композиционное резинобитумное вяжущее в одну стадию (путем единовременного смешения всех компонентов), то времени термомеханического воздействия, составляющего 2,15-2,45 часа, необходимого для пластификации резиновой крошки с образованием мицелл, явно недостаточно. Это характеризуют такие показатели как глубина проникания иглы и изменение температуры размягчения по методу «Кольцо и шар» после прогрева (фактические значения сопоставимы с численными значениями, характерными для композиционных резинобитумных вяжущих, полученных по второму способу при времени термомеханического воздействия 1,5-2,0 часа). Обусловлено это, скорее всего, тем, что резиновые частицы набухают и пластифицируются, прежде всего, за счет легких углеводов, преимущественно ароматической группы, количество которых на единицу объема при приготовлении по первому способу значительно меньше, чем при других представленных способах.

2. Если приготавливать композиционное резинобитумное вяжущее в две стадии с предварительным получением концентрированной суспензии резинобитумного композита (второй способ), то при заданном режиме термомеханического воздействия вяжущее обладает наилучшими физико-химическими свойствами. Увеличение числа стадий введения резиновой крошки в процессе получения концентрированной суспензии резинобитумного композита (способ 3 относительно способа 2 или способ 5 относительно способа 4) ведет к ухудшению свойств конечного продукта (падают значения глубины проникания иглы, температуры размягчения по методу «Кольцо и шар», возрастает показатель изменения температуры размягчения по методу «Кольцо и шар» после прогрева). Обусловлено это, вероятно, тем, что часть резиновой крошки, которая была введена в первую очередь, достаточно хорошо пластифицируется с образованием мицелл, в то время как пластификация резиновой крошки, введенной позже, проходит не в полном объеме. Также важно отметить, что данный процесс подразумевает длительное высокотемпературное воздействие лишь на 20-30 % битума от всего его объема, содержащегося в композиционном резинобитумном вяжущем, то есть с точки зрения негативного процесса окисления вяжущего двухстадийный технологический процесс является более щадящим, чем одностадийный.

3. Увеличение объема резиновой крошки в концентрированной суспензии резинобитумного композита (способы 4 и 5 относительно способов 2 и 3) в целом не ведет к изменению физико-химических свойств композиционных резинобитумных вяжущих (за исключением глубины проникания иглы при температуре 25°C), однако с технологической точки зрения менее предпочтительно, так как резиновые частицы плохо смачиваются, особенно на первых этапах, и слипаются.

Таким образом, наиболее предпочтительным для достижения наилучших физико-химических свойств и технологичным способом получения композиционных резинобитумных вяжущих является двухстадийный процесс, заключающийся в предварительной термомеханической обработке при температуре $230\pm 5^\circ\text{C}$ и времени воздействия 2,15-2,45 часа резиновой крошки в среде битума и нефтяного масла с получением концентрированной суспензии резинобитумного композита, с последующим термомеханическим смешением концентрированной суспензии резинобитумного композита с битумом в течение 10-15 минут.

Список литературы:

1. Петов Н.А. Оценка накопления изношенных покрышек в регионах России // Строительные материалы . - 2008. - №3. - С. 50-52.
2. Руденская И.М., Руденский А.В. Органические вяжущие для дорожного строительства. - М.: Транспорт, 1984. - 226 с.
3. Патент РФ № 2007113596/04, 11.04.2007. Битумно-резиновая композиция и способ ее получения // Патент России № 2327719. 2007. Бюл. № 18. / Алексеенко В.В., Кижняев В.Н., Верещагин Л.И. [и др.].
4. Галдина В.Д. Модифицированные битумы. - Омск: СибАДИ, 2009. - 219 с.