

газета.ru

Наука лекторы

Нано склеило асфальт

Нанотехнологии для укрепления дорожного покрытия

Асфальт: состав, строение и проблемы

— 15.11.11 15:10 —

ФОТО: "Уником"



Укладка дорожного покрытия с модификатором в Екатеринбурге

ЛЕКТОР



Вадим Никольский,
профессор, зав. лабораторией
физико-химии высокодисперсных
материалов ИХФ РАН

Вадим Геннадиевич Никольский родился в городе Москве. Окончил физический факультет Московского государственного университета. С 1953 года работает в Институте химической физики РАН. Специалист в области радиационной химии, физики полимеров и научного приборостроения. Автор более 390 научных работ, патентов, монографий и научного открытия «Закономерность радиотермолюминесценции органических веществ». Профессор, заведующий лабораторией физико-химии высокодисперсных материалов.

В России уже более 1600 км дорог покрыто наноструктурированным дорожным покрытием. Что это за покрытие, зачем оно применяется и какие перспективы открывает новая технология для автодорожной отрасли страны, рассказывает Вадим Никольский, заведующий лабораторией физико-химии высокодисперсных материалов Института химической физики им. Н. Н. Семенова РАН.

Асфальт: сегодня и завтра

Основу асфальта составляет каменная крошка и щебень. Для того чтобы из них появилось дорожное покрытие, требует вяжущее — то, что соединит эти элементы. Сегодня таким вяжущим является синтетический битум — это то, что остается от нефти после переработки, когда из нее уже выбрали все масла, мазут, мономеры и т. д.

По мере развития нефтепереработки качество битума падало — ведь из него, по сути, выжимали все «соки». Соответственно, падало и продолжает падать качество дорожного покрытия. Особенно это заметно в тех странах, где резко меняется температура.

Холодная зима, жаркое лето, резкие температурные изменения за короткий период времени (утром ударил мороз, после обеда потеплело и все начало оттаивать) — это быстро разрушает современную дорогу. К тому же такой асфальт плохо сопротивляется образованию колеи, растрескивается.

Чтобы улучшить его качество, необходимо «укрепить» битум с помощью специальных добавок. Вопрос в том, что именно добавлять. Очевидно, что такая «присадка» должна быть доступной по цене и производиться из того, чего много. Резина от автомобильных покрышек — подходящий по многим параметрам компонент. Она эластична и доступна в избытке. А если придать асфальту ее свойства, то лучшее вяжущее и представить себе сложно.

На протяжении десятков лет предпринимались многочисленные попытки объединить резиновую крошку с битумами.

Разрабатывались десятки технологий, укладывались сотни различных экспериментальных участков во многих странах мира.

Однако каждый раз частицы резины оказывались инородными в структуре асфальта и через какой-то период времени выкрашивались из дорожного полотна.

Решение этой проблемы нашли в конце 70-х годов в Институте химической физики им. Н. Н. Семенова РАН. Мы исследовали такое явление, как «пластическое течение». Композиционные материалы на основе полимеров подвергались одновременно интенсивному сжатию и прокручиванию («жернова» наковальни вращаются относительно друг друга), которое составляло от 5 тыс. до 20 тыс. атмосфер, на так

называемой наковальне Бриджмена.

При определенных нагрузках хоть и пластичный, но все-таки твердый полимер начинает течь, причем течь без нагревания.

Поэтому пластическое течение еще называют холодным. Оно происходит ниже температуры расплава. Так вот, оказалось, что в «жерновах» наковальни Бриджмена при определенных условиях можно получать высочайшей однородности смеси различных полимеров. И столь высокой однородности, почти на молекулярном уровне, до нас никто не наблюдал. Но происходили и другие фантастические по тем временам явления. Например, мы вынимали полученные в наковальне пленки — а они стабильны при комнатной температуре — рассматривали, изучали. А потом вновь помещали в наковальню, начинали вращать. И изначально однородная, прозрачная пленка вдруг становилась матовой, как будто покрывалась трещинами. Вращаем еще — и снова получаем прозрачную пленку. Однако выяснилось, что это уже другой материал, с иными свойствами.

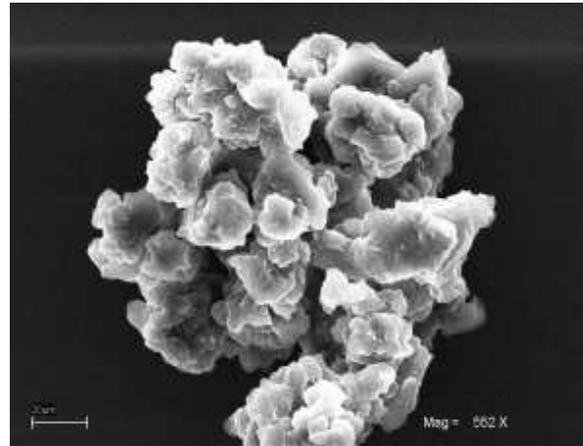
Это выглядело как открытие другого мира — таких полимерных систем раньше просто не было.

Но мы решили пойти дальше. Во-первых, снизили силу давления на образцы, находящиеся в наковальне Бриджмена. Во-вторых, модернизировали саму наковальню: ее стало можно нагревать. Чем выше температура нагрева, тем быстрее проходили процессы «превращения» полимеров. И не только в скорости происходящих реакций оказалось дело. При определенной температуре, определенной силе сжатия и угле поворота «жерновов» наковальни полученные пленки перестали растрескиваться, а начали распадаться в тонкодисперсный порошок. То, что мы впервые проделали в лабораторных условиях с помощью наковальни Бриджмена, сегодня называется высокотемпературным сдвиговым измельчением (ВСИ).

Позже была создана машина — роторный диспергатор, которая могла производить полимерные порошки в промышленных масштабах. Если сказать упрощенно, то она представляет собой «скрученную» наковальню Бриджмена: ее «жернова» мы сделали цилиндрическими, один из которых вставлен в другой. При этом структура поверхности «жерновов» позволила снизить давление, необходимое для получения порошков, до 100—500 атмосфер. Температура, при которой происходит весь процесс, зависит от типа вещества, которое требуется переработать. И именно машины такой конструкции сегодня используются для производства модификатора асфальтобетонной смеси «Унирем», который производит проектная компания «Роснано» — ООО «Уником».

Коротко объясню, что, собственно, происходит с резиновой крошкой в промышленном диспергаторе. За счет высокой температуры и значительных сдвиговых усилий происходит не только измельчение материала, но и частичная (дискретная) девулканизация резины, причем не только на поверхности всех частиц, но и по их глубине.

При этом разрушается 15—30% всех межмолекулярных связей, а деструкции самих молекул не происходит.



Микроскопическое изображение модификатора дорожного покрытия "Унирем"/"Уником"

Каждая частица, которая выходит из диспергатора, состоит из микро- и наноблоков. Частицы достаточно слабо связаны друг с другом. В горячем битуме эти частицы самостоятельно распадаются на микро-, а потом и на наноблоки, которые встраиваются в структуру асфальта. И вот уже эти наночастицы и дают желаемый эффект.

Как я уже говорил, модификатор добавляют в горячий битум. Отмечу немаловажную деталь: его вводят в асфальтобетонную смесь так называемых сухим способом. То есть просто добавляют и все.

Не требуется изменения технологии производства, каких-то особых условий.

Распад происходит самостоятельно, что является очень удобным для дорожного строительства.

Резиновые частицы в битуме не только распадаются на микроблоки, их поверхность набухает и разрыхляется с одновременным образованием химических связей между резиновыми кластерами и молекулами битума. Таким образом, в асфальтобетонной смеси образуется структурированное на микро- и нануровне резиново-битумное вяжущее, не проявляющее тенденции к расслаиванию и обладающее высокими адгезионными свойствами. Так, адгезия к минеральным составляющим увеличивается в 2—5 раз.

Процесс сопровождается изменением основных свойств битума — увеличением пластичности, снижением температуры хрупкости и т. д.

В среднем срок службы асфальта с добавлением модификатора увеличивается на 30—50%. На 25—30% повышается сопротивление к образованию колеи.

Более того, введение мельчайшей резиновой крошки в асфальтобетон позволяет также «гасить» трещины. На краю — так называемом устье — начавшейся образовываться трещины концентрируется энергия, которая постоянно передается. За счет этого и растет разлом. Если же трещина «натывается» на достаточно крупную частицу резины, то просто огибает ее и продолжает свое разрушительное движение. Однако совсем другая картина, когда в асфальтобетоне содержится резиновая составляющая, частицы которой измеряются нанометрами. Образующаяся трещина наночастицу обойти не способна, оказываясь в своеобразной ловушке. Под воздействием разрушающей энергии наночастица резины сперва растягивается, потом возвращается в исходное положение. В результате трещина просто теряет ту энергию, которая ей нужна для роста. Кстати, то же самое происходит и со звуковой волной.

Из лаборатории на трассу

Путь от открытия до промышленного внедрения всегда непростой. Когда ученые только проводили исследования, объемы вещества, получаемого на жерновах, были ничтожны, а энергозатраты колоссальны. Несколько лет ушло на адаптацию технологии, несколько лет на изготовление опытных диспергаторов. В перестройку и 90-е годы работы остановились, но в начале 2000-х интерес к технологии снова появился, стали выпускаться опытные образцы модификатора. С тех пор было уложено несколько опытных участков, мониторинг за состоянием которых проводится до сих пор. Например,

в районе Валдая на федеральной трассе Москва — Санкт-Петербург есть контрольный участок, который не ремонтировался после укладки наноструктурированного асфальта уже 6 лет. Качество дороги до сих пор отличное.

Мы проводим массу сертификационных испытаний, тестовых укладок, исследований. На это нужно время. Кроме того, все дорожное строительство подчиняется ГОСТам, а их изменение или дополнение — дело отнюдь не простое. С участием «Роснано» скорость внедрения этого продукта значительно увеличилась. В минувшем году на опытном производстве в Подольске была проведена реконструкция и расширение производства. Это увеличило мощности по производству модификатора до 10 тыс. тон в год. В течение ближайших двух-четырех лет запланировано строительство еще двух заводов, что позволит увеличить объем выпускаемой продукции до 30 тыс. тонн в год. Это производство позволит кроме всего прочего утилизировать многие тонны отработанной резины.

По данным информационно-аналитического агентства Cleandex, в России ежегодных объем амортизации шин превышает 1,1—1,3 млн тонн в

год. За последние 5 лет в связи с ростом числа автомобилей этот показатель вырос почти на четверть. Кроме того, по прогнозам экспертов, число машин и дальше будет расти и к 2030 году увеличится вдвое. Сейчас переработке подвергается лишь 10% старых покрышек, это еще и большая экологическая проблема. Сжигать резину опасно для здоровья и окружающей среды. Разлагается она очень плохо, со временем выделяет целый ряд опасных органических соединений. Для всех стран покрышки — это головная боль. Поэтому

наша технология — это не только полезное изобретение для дорог, но и важное экологическое ноу-хау по утилизации резины.

Кстати, за рубежом ряд компаний уже заинтересовались нашей технологией, причем для них экологический аспект применения оказался даже более значим, чем качественные характеристики дорожных покрытий.

Для России же мощности проектируемых заводов смогут перерабатывать 3,2 млн покрышек в год, что эквивалентно 6 тыс. километров дорог с улучшенным покрытием. Проблем с сырьем мы не предполагаем.

В среднем использование нашей технологии увеличивает стоимость дорожного покрытия лишь на 5% (а порой и ниже), зато срок эксплуатации увеличится как минимум на треть,

а может, и в два раза (зависит от климатических факторов, нагрузки, качества остальных элементов дороги).

Нанодороги сегодня и завтра

ООО «Уником» в текущем году утроило объем выпуска модификатора. На сегодня с конвейера предприятия его вышло порядка 8000 тонн. Общая же площадь дорог в России, уложенных с применением наноструктурированных покрытий, превысила 15 млн квадратных метров, причем только в этом году автодорожники применили модификатор на площади 10 млн квадратных метров. Как отмечают в компании, укладка дорожных покрытий с модификатором в этом году проводилась в самых различных регионах: в Тверской, Свердловской, Челябинской и Иркутской областях, в Ханты-Мансийском автономном округе, в республиках Мордовия, Чувашия, Кабардино-Балкария и многих других.



Производственная площадка/"Уником"

Сегодня в столице практически половина дорожных покрытий на Садовом и Третьем транспортном кольце, а также на Московской кольцевой автомобильной дороге укладываются с применением «Унирема».

В Институте химической физики РАН продолжаются и научные исследования по этой тематике. На предприятии создана собственная лаборатория. Одно из направлений исследований — это свойства модификатора «Унирем». Так, например, недавно мы выяснили, что

шумность дорожных покрытий с модификатором на 8—10% ниже, чем без него.

Эти данные затем подтвердили специалисты МАДИ (Московский автодорожный институт). Для крупных городов это весьма значительный показатель. Сцепление колеса с модифицированным покрытием на 15% плотнее, чем с обычным. А это значит, что тормозить по такому асфальту удобнее и безопаснее. Другое направление исследований — потенциальные области применения продукции. Сегодня, например, анализируются перспективы применения модификатора при строительстве взлетно-посадочных полос. Здесь же разрабатываются различные асфальтобетонные смеси вместе с модификатором для дорог со сложными климатическими условиями.