

Предложенная методика прогнозирования пучинообразования позволяет определить величину пучения различной вероятности для любого заданного района.

Литература

1. Шукле, Л. Реологические проблемы механики грунтов / Пер.с англ. Н.М. Маслова. – М.: Стройиздат, 1973. – 845 с.
2. Бабаскин, Ю.Г. Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог. – Мн.: БГПА, 2001. – 233 с.

УДК 625.71

Роль парамагнитных дефектов на поверхности минеральных компонентов дорожно-строительных конгломератов в формировании прочных межфазовых контактов

Бондаренко С.Н., Васильева Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Дефектная структура минеральных заполнителей дорожно-строительных материалов является важным фактором в формировании конгломератных композиционных материалов с высоким комплексом эксплуатационных свойств. Определяющий вклад в формирование оптимальной структуры дорожных материалов конгломератного типа вносит состояние межфазовой границы и прочность связей формирующихся в зоне контакта частиц минеральных компонентов конгломератных систем. ЭПР мониторинг минеральных заполнителей на основе измельченного кварцевого песка и мелких отсевов дробления гранита позволяет уверенно фиксировать наличие характерных сигналов от парамагнитных центров и/или парамагнитных частиц, локализованных на дефектах структуры упомянутых материалов. Использование методики определения активности минеральных заполнителей с помощью прибора ИАЦ-04М даёт возможность сравнения показателей активности природных песков до и после их активации в режиме измельчения и ультразвуковой обработки. Нами была установлена связь активности и некоторых особенностей дефектной структуры минеральных заполнителей с прочностными характеристиками целевых дорожно-строительных конгломератов. Использование стандартных методик испытаний на прочность конгломератных образ-

цов из цементного раствора на изгиб и сжатии показало связь прочностных характеристик испытываемых стандартных балочек с концентрацией поверхностных парамагнитных дефектов, удельной поверхностью и сравнительными показателями активности минеральных заполнителей в дорожно-строительных конгломератах.

Введение

В последнее время значительно увеличился объем знаний о природе твердого состояния и существенно расширились области применения этих знаний в самых различных областях, в том числе и в дорожном строительстве.

Все возрастающие потребности в качественных дорожных материалах нового поколения стимулируют разработки в области получения исходных сырьевых компонентов, полупродуктов и методов синтеза композиционных веществ конгломератного строения, изучение физико-химических свойств и механизмов реакций с их участием и, в конечном итоге, создание дорожных композиционных материалов конгломератного типа с заранее заданными свойствами. Применяемые в дорожном строительстве твердые минеральные материалы имеют реальную структуру, которая отличается от строго упорядоченной (идеальной) структуры наличием разнообразных дефектов. Некоторые из этих дефектов являются неизбежными при получении полуфабрикатов и целевых дорожно-строительных материалов. Эти дефекты, которые являются существенным фактором, способным определять заданный комплекс эксплуатационных характеристик могут появляться или устраняться в процессе технологических воздействий на исходное сырье и при формировании структуры целевого дорожно-строительного материала.

Взаимодействие между компонентами дорожных строительных конгломератов реализуется в процессе создания дорожной конструкции при проведении технологических операций на стадии контактирования и взаимодействия активных поверхностных структур. В настоящее время, исследования особенностей формирования локальных связей на поверхности контактирующих структур композиционных конгломератов с учётом процессов дефектообразования позволяет получить информацию о механизмах взаимодействия компонентов в системе минеральный заполнитель – вяжущее. В этой системе протекают гетерофазные процессы, движущей силой которых является наличие градиентов химических потенциалов на границе контактирующих поверхностей и нескомпенсированной электронной плотности в местах локализации электронов, которые стабилизированы на поверхностных дефектах. Вышеупомянутые реакционно-активные структуры (дефекты) способны вступать между собой в различные реакции на границе

раздела фаз с образованием прочных связей между компонентами конгломератных материалов. Сцепление с фазой вяжущего компонента на контактной поверхности минеральных частиц дорожного конгломерата обеспечивается на молекулярном уровне формированием прочной связи на межфазовой границе. Предполагается, что эта связь будет тем прочнее, чем больше концентрация парамагнитных дефектов на поверхности этих частиц.

Изучение дефектной структуры исходных минеральных компонентов дорожных конгломератов

Анализ основных параметров линий поглощения полученных спектров ЭПР для изученных нами минералов, содержащих диоксид кремния, по ширине и положению в магнитном поле, свидетельствует о возможности присутствия в исследуемых образцах исходных и дисперсных порошков минеральных заполнителей свободных электронов, дырок, дислокаций и дефектов поверхности. Основные линии поглощения проявляются в пределах значений магнитного поля от 310 до 345 мТл, а g -факторы центров наиболее характерных линий поглощения находятся в пределах от g -фактора, равного 2,0017 до g -фактора, равного 2,0069. Был изучен характер зависимости интенсивности и других параметров сигнала ЭПР от мощности микроволнового излучения. Установлено, что с увеличением степени дисперсности частиц песка отмечается увеличение интенсивности сигнала от упомянутых парамагнитных центров. Это позволяет обоснованно связать наблюдаемые спектры ЭПР в исходном, обработанном ультразвуком, и механически измельченном кварцевом песке с собственными парамагнитными дефектами, локализованными, прежде всего, на поверхности зерен песка, содержащего диоксид кремния. Тонкой структуры спектра не наблюдается, g -фактор примерно соответствует g -фактору свободного электрона. Концентрация парамагнитных центров, ширина и форма сигнала ЭПР не меняются при длительном хранении при комнатной температуре. Спектр ЭПР порошка диспергированного кварцевого песка озникает, вероятно, вследствие разрыва связей Si—O, существования поверхностных атомов со свободными валентностями и нескомпенсированной электронной плотности на поверхностных дефектах [1–4].

Проведенные ЭПР-спектроскопические исследования структурных дефектов традиционных минеральных компонентов дорожно-строительных конгломератов позволили установить связь концентрации парамагнитных центров на поверхности частиц минерального компонента, содержащего диоксид кремния с условиями их измельчения и активации. Было сделано предположение о том, развитая поверхность зерен SiO₂, принятая в качестве

эталоны, может служить модельным объектом для изучения процессов формирования прочных межфазовых связей в зоне контакта поверхностей компонентов дорожных конгломератов. Исследования показали, что увеличение удельной поверхности при диспергировании минеральных заполнителей и их активация при механической обработке хорошо коррелирует с увеличением реакционной активности компонентов и влияет на целевые прочностные характеристики образцов цементобетонных конгломератов, изготовленных по стандартной методике.

Для определения активности исходного и механоактивированного кварцевого песка использовали методику определения активности с помощью прибора ИАЦ-04М, а также стандартные методики испытаний на прочность балочек из цементного раствора при изгибе и сжатии.

Индикатором активности природного кварцевого песка в исходном и активированном после механического измельчения и обработки ультразвуком состоянии, помимо размера, удельной поверхности, может служить относительная концентрация поверхностных парамагнитных центров частиц заполнителя, содержащих диоксид кремния.

Для определения влияния изменения концентрации парамагнитных дефектов на поверхности частиц кварцевого песка на прочность балочек стандартных размеров с использованием портландцемента, в качестве мелкого заполнителя был выбран стандартный кварцевый песок, который подвергался ультразвуковой обработке различной продолжительности. Для проведения испытаний на прочность (изгиб и сжатие) изготавливалось 3 серии по 5 образцов, содержащих в качестве мелкого заполнителя исходный стандартный песок без обработки ультразвуком и стандартный песок, обработанный ультразвуком в течение 5 минут и 30 минут. Изготовленные образцы набирали прочность и в возрасте 7 суток последовательно испытывались на прочность на изгиб (таблица 1). Половинки балочек, которые прошли испытания прочности на изгиб, далее испытывались на прочность на сжатие.

Таблица 1. Результаты определения прочности на изгиб

	Образцы со стандартным песком	Образцы с песком 5-минутной обработки	Образцы с песком 30-минутной обработки
Средняя прочность, МПа	2,708	2,812	3,568

Как видно из таблицы 1, средняя прочность образцов на изгиб при 30-минутной обработке ультразвуком увеличивается на 30 %, а 5-минутная обработка дает прирост прочности 6 ± 1 %.

Полученные после испытаний на изгиб половинки балочек дополнительно испытывались на сжатие (таблица 2).

Таблица 2. Результаты определения прочности на сжатие

Образец	Прочность, МПа
Образцы со стандартным песком	26,11
Образцы с песком 5-минутной обработки	28,10
Образцы с песком 30-минутной обработки	29,55

Изучена зависимость между величиной удельной поверхности активированного кварцевого песка и концентрацией фиксируемых методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) парамагнитных дефектов на поверхности, а также показано влияние этих факторов на формирование прочных контактов в композиционном конгломерате. С уменьшением размера частиц кварцевого песка отмечается существенное увеличение концентрации парамагнитных центров.

Представленные в таблице 2 результаты испытания на сжатие после 5-минутной обработки показывают прирост прочности 7 %, а после 30-минутной обработки – 11 % прирост прочности.

Заключение

Установлено, что при увеличении концентрации парамагнитных центров на 100 %, прочность на сжатие увеличивается на 40 %; при этом отмечается увеличение коэффициента водостойкости на 35 %. Для определения активности исходного и механоактивированного кварцевого песка использовали стандартные методики испытаний на прочность балочек из цементного раствора при изгибе и сжатии, а также методику определения активности с помощью прибора ИАЦ-04М [5–7].

Показана принципиальная возможность использования для диагностики реакционной активности минеральных компонентов дорожных конгломератов некоторых типов поверхностных парамагнитных дефектов, регистрируемых методами ЭПР-спектроскопии.

Таким образом, индикатором активности природного кварцевого песка в исходном и активированном в процессе обработки ультразвуком состоянии, помимо размера, удельной поверхности кварцевых частиц, служит относительная концентрация поверхностных парамагнитных центров.

Литература

1. Казанский, В.Б. Изучение взаимодействия свободных радикалов с поверхностью твердого тела (силикагеля) по спектрам ЭПР / В.Б. Казанский [и др.] // Физика твердого тела. – 1963. – Т. 5. – Вып. 2. – С. 649–659.
2. Мамин, Г. В. ЭПР радиационно-индуцированных парамагнитных центров в аэрогеле / Г. В. Мамин // Письма в ЖЭТФ. – 2008. – Т. 88. – Вып. 4. – С. 281–285.
3. Бондаренко, С. Н. ЭПР-мониторинг дефектной структуры минеральных наполнителей / С. Н. Бондаренко, Э. Э. Русак // Материалы XV Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2017. – Т. 3. – С. 65.
4. Тенчуков, М. Б. ЭПР-мониторинг сухих аэрозолей с использованием сорбентов / М. Б. Тенчуков, И. П. Лютоев // Вестник института биологии Коми НЦ УрО РАН. – С. 21–23.
5. Бондаренко, С. Н. Физико-химические аспекты активации поверхности песка / С. Н. Бондаренко [и др.] // Материалы XV Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2017. – Т. 3. – С. 64.
6. Алесковский, В. Б. Химия твердых веществ / В. Б. Алесковский. – М. : Высшая школа, 1978. – 256 с.
7. Моррисон, С. Химическая физика поверхности твердого тела / С. Моррисон. – М., 1980. – 488 с.

УДК 528.94; 625.72

Инструментальное обеспечение мониторинга токсичных выбросов в атмосферу в районе пересечения автомобильных дорог

Бондаренко С.Н., Вишняков Н.В.
Белорусский национальный технический университет

Мониторинг загрязнений - система, позволяющая дать оценку загрязнений и динамику изменения содержания загрязнений во времени. Непосредственное измерение концентрации неполного сгорания токсичных продуктов автомобильного топлива является наиболее важным для экологической оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха в зоне, прилегающей к транспортной развязке. Контроль за выбросами токсичных компонентов в атмосферу особенно эффективен в случае использования газовых датчи-