

улучшает как размалываемость, так и активность шлака. Поэтому управляя технологией получения шлака, в частности процессами охлаждения, мы можем получить те его свойства, которые наиболее необходимы при использовании в производстве вяжущих материалов для укрепления дорожных грунтов.

В настоящее время разработаны составы новых вяжущих материалов на основе шлака Белорусского металлургического завода. В первоначальном виде он обладает некоторыми вяжущими свойствами, которые можно улучшить за счет его измельчения и активации добавками. Шлак составляет основу шлакового вяжущего. Портландцементный клинкер предназначен для получения требуемой прочности. Для активации основного компонента (шлака), являющегося с точки зрения вяжущих свойств малоактивным веществом, используется сульфоалюминатная добавка (САД). Добавка представляет собой спек, полученный при низкотемпературном обжиге сырьевой смеси, включающей фосфогипс, глины различного состава и, при необходимости, мел. Активация малоактивных составляющих шлака происходит, с одной стороны, за счет извести, выделяемой при гидратации портландцементного клинкера, а с другой – за счет сульфатной и сульфоминеральной активации, обусловленной минералогической основой САС. Кристаллы данных соединений имеют игольчатую, волокнистую, пластинчатую формы, что обеспечивает образование прочного кристаллического каркаса цементного камня, а это, в свою очередь, обуславливает повышенную прочность данного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тейлор Х. Химия цемента / Пер. с англ. М.: Мир, 1996.
2. Переработка фосфогипса на сульфоалюмосиликатные добавки к цементу / М.И. Кузменков, Т.С. Куницкая, А.А. Сакович, А.А. Мечай // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Материалы 2 науч.-техн. конф., Гродно, 8–9 окт., 1996 г. / Гродненский государственный университет им. Я. Купалы. – Гродно, 1997. С.176–181.

УДК 625.7.06:691.5: 625.731.7.9

И.А. Шестаков, ст. преподаватель (БГПА)

ФОСФОГИПСОЦЕМЕНТНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

There was research of hydration's products. And we know the reason of low mechanical property this substances. There are the way, which allow to high property of soil.

Среди отходов промышленности Республики Беларусь значительную часть составляет фосфогипс – отход Гомельского химического завода. В отвалах на заводе уже накоплено более 15 млн. т (ежегодно образуется около 1 млн. т). Ухудшение экологических условий на прилегающих к отвалам территориях связано с хранением в них фосфогипса. Радиус зоны ветрового распространения пыли вокруг отвала – 1,5 км. Отвал влияет на формирование поверхностного стока на площади до 5 км и на почвы в радиусе 1 км. Накопление фтора всеми компонентами ландшафтов в 5–100 раз превышает местный природный фон [1]. С учетом экономических и экологических аспектов, решение проблемы утилизации фосфогипса приобрело важнейшее значение.

Анализ опубликованных работ показал, что при устройстве оснований дорожных одежд из фосфогипса существуют три основные проблемы:

1) ограниченные сроки хранения фосфополугидрата до его использования; 2) короткий срок схватывания (10–20 мин) гипсовых вяжущих, полученных термообработкой фосфодигидрата сульфата кальция, что не позволяет из этих материалов устраивать основания по обычной технологии; 3) недостаточная водоустойчивость и морозостойкость оснований при использовании дигидрата, полугидрата и гипсовых вяжущих.

Для решения проблемы устройства оснований из вяжущих, имеющих короткие сроки схватывания, исследователями предлагаются два пути. Первый – смешать вяжущее с заполнителями, уплотнить, а затем увлажнить смесь до водогипсового соотношения 0,2–0,42 путем разлива воды по поверхности. Второй – удлинить сроки схватывания путем ввода замедлителей. Предлагается вводить поташ (1%), соду кальционированную (1%), поташ (1%) с сульфитно-дрожжевой бардой (0,1%) и многие другие. Введение замедлителей позволяет увеличить сроки схватывания от 2 до 4 ч, что вполне достаточно для устройства оснований.

Таким образом, исследователями решены эти две проблемы. Для решения третьей проблемы наиболее эффективным является введение портландцемента.

Одна из причин низких свойств фосфодигидрата с портландцементом установлена американскими исследователями [2]. Ими отмечается, что прочность на сжатие образцов, приготовленных из фосфогипса с рН = 5 и 10% портландцемента, удовлетворяла спецификациям управления дорог и общественного транспорта штата Техас, а прочность образцов из фосфогипса с рН = 3 не удовлетворяла этим спецификациям. Эти различия в прочности авторами объясняются тем, что уровень кислотности оказывает значительное влияние на предел прочности образцов из фосфогипса, укрепленного цементом.

Анализ процессов, происходящих в фосфогипсоцементных смесях, показал, что основными факторами, снижающими прочностные характеристики портландцемента, являются фосфорная кислота, однозамещенный фосфат кальция и воздействие сульфата кальция на силикаты портландцемента. Если это так, то следует нейтрализовать фосфорную кислоту и ускорить образование гидросиликатов кальция.

Исследование продуктов гидратации, фосфогипсоцементных смесей и степени гидратации портландцемента методами рентгенофазового анализа показало, что фосфогипс замедляет гидратацию портландцемента по C_3S . Степень гидратации портландцемента с фосфогипсом в возрасте 90 сут значительно меньше, чем портландцемента в 28-суточном возрасте, и равна ориентировочно суточной степени гидратации портландцемента. Естественно, при такой ситуации рассчитывать на увеличение свойств за счет введения портландцемента не приходится.

Нейтрализация фосфогипса до рН=7 и ввод 3% $CaCl_2$ в портландцемент существенно изменяют картину и позволяют приблизить степень гидратации портландцемента в смеси с фосфогипсом к портландцементу. Эти изменения в процессе гидратации портландцемента позволяют рассчитывать на значительное увеличение свойств фосфогипсоцементных смесей и защиту кристаллов гипса продуктами гидратации портландцемента.

Те же образцы в возрасте 90 сут исследовались на сканирующем электронном микроскопе. Брли смесь фосфогипса с рН=1,6 и портландцемента при соотношении соответственно мас.% 90 и 10. Микроструктура образца (рис. 1) сложена из кристаллов пластинчатой формы $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Размер кристаллов колеблется в широком диапазоне

(от 2–3 мкм до 100 и более мкм). На поверхности кристаллов гипса можно наблюдать гелевидные частицы, которые располагаются локально и занимают небольшую площадь. Структура образца рыхлая. Отчетливо видны образования фосфатов кальция. Введение портландцемента в фосфодигидрат практически не изменяет характер микро-структуры образца, по сравнению с фосфодигидратом.

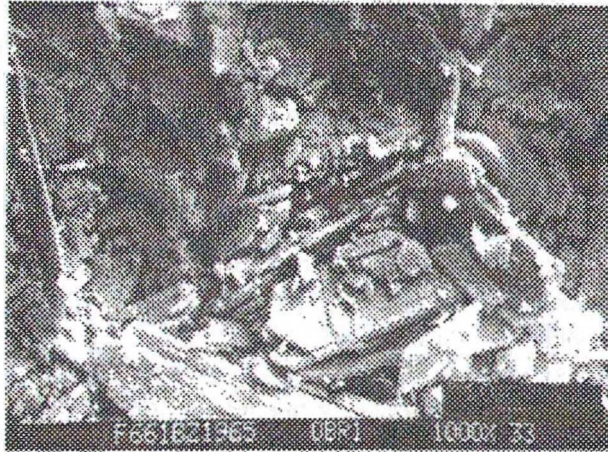


Рис. 1. Электронная микроскопия образцов из смеси фосфогипса рН=1,6 и портландцемента

Исследовали смесь фосфогипса рН=1,6, нейтрализованного известью до рН=7, и портландцемента с добавкой CaCl_2 в количестве 3% от массы портландцемента, при соотношении соответственно мас. % 90 и 10 (рис. 2). Нейтрализация фосфогипса и ввод CaCl_2 в портландцемент изменяют характер микро-структуры. Для образца характерна волокнистая структура кристаллов, которая видна как на поверхности, так и в изломе. На фоне кристаллов $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ заметны новообразования портландцемента, которые занимают большую площадь и имеют связанную структуру. Структура образца более плотная, чем у образца из смеси фосфогипса рН=1,6 с портландцементом.

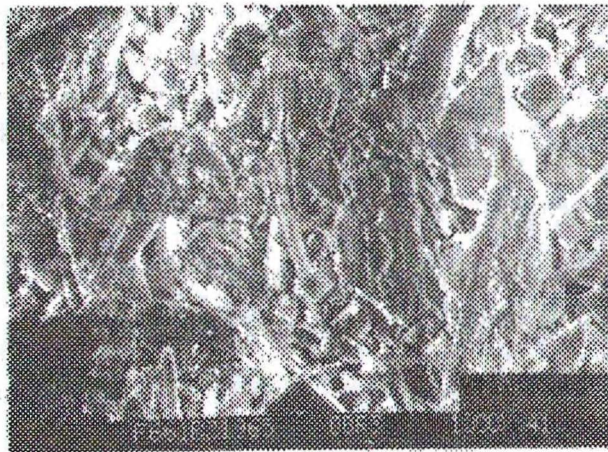


Рис. 2. Электронная микроскопия образцов из смеси фосфогипса рН=1,6,нейтрализованного до рН=7, и портландцемента с 3% CaCl_2

Результаты микроскопических исследований также позволяют прийти к выводу, что предварительная нейтрализация фосфогипса перед вводом портландцемента и добавление CaCl_2 в портландцемент изменяют микро-структуру образцов. Новообразования портландцемента занимают большую площадь и имеют связанную структуру.

Проведенные экспериментальные исследования с нейтрализованным фосфополугидратом до рН =7 и 15% и более портландцемента показывают, что при таком расходе можно получать укрепленный грунт 1–2 класса прочности. Требованиям по морозостойкости удовлетворяют образцы с 15% и более вяжущего от массы грунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцева В.М., Калинина Н.А., Юдавичева О.А. Экологическая и санитарно-гигиеническая оценка фосфогипса и продуктов его переработки // Труды НИУИФА Исследования по использованию фосфогипса. Вып. 256. –М., 1989.
2. Gregory C.A., Saylak D., Ledbetter W.B. The use of by-product phosphogypsum for road base and subbases. Transportation research record. № 998. 1986. P. 47–52.

УДК 656.13

Н.П. Вырко, профессор; С.В. Ращупкин, ассистент

ВЛИЯНИЕ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПУТЕЙ

Influencing frosty blistering on a condition of transport ways.

Для образования пучин необходимо наличие морозного влагонакопления, медленного промерзания тонкодисперсного грунта земляного полотна. При отсутствии любого из указанных условий пучины не возникают.

Для пучения грунта при росте линз льда необходим непосредственный контакт линзы льда с уплотненной пленкой связанной воды, находящейся под давлением сил связывания с частицами грунта и поэтому выдерживающей значительную нагрузку от веса вышерасположенного грунта.

При промерзании образуются кристаллы льда, которые при температуре ниже нуля могут соприкоснуться, сосуществовать с водой, только если эта вода находится под повышенным давлением. В связи с тем капиллярная и свободная вода не может непосредственно мигрировать к растущему при 0...–5 °С кристаллу льда. На лесовозных дорогах, имеющих малую абсолютную прочность дорожных одежд, вероятность появления пучин больше по сравнению с дорогами общего пользования, имеющими капитальные дорожные одежды.

Процесс пучинообразования охватывает значительный временный интервал.

На интенсивность пучинообразования влияет скорость охлаждения активного слоя и скорость подачи влаги.

При медленном промерзании имеется достаточно времени для подтока воды, поэтому образование ледяных линз идет интенсивно, при сильных морозах – наоборот. Основное влагонакопление происходит в пределах верхних 50 – 60 см.

Внешнее проявление пучин заключается в постепенном поднятии одежды по мере нарастания суммы $\sum T_x t_B$, где $\sum T_x$ – число дней с отрицательной температурой воздуха t_B . При этом происходит равномерное и неравномерное поднятие дорожных одежд. Наиболее опасны неравномерные поднятия, вызывающие трещины в растянутой зоне покрытий.

В простейшем виде уравнение общего пучения имеет вид

$$l_0 = 1,09 \mu \Delta W_{\max}, \quad (1)$$