



НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В.Войтович
nanoreg@list.ru

Обсуждая применение нанотехнологий в строительстве, в основном говорят о производстве и применении нанобетонов (НБ) и нанокрасок (НК). В представленном кратком обзоре рассмотрено использование наноматериалов в технологиях строительства и в некоторых связанных с ними отраслях.

Хотя термин «нанотехнология» (НТ) строителям хорошо известен, практически отсутствуют публикации, посвященные использованию НТ в строительных технологиях, тем приемам и операциям, которые целесообразно произвести на строительных площадках, чтобы появилось новое оружие.

Строительство в большинстве случаев начинается с котлована. Чтобы стенки его не осыпались, их необходимо делать пологими, что легко выполнимо в условиях «чистого поля». Вместе с тем при рытье котлована почти вплотную к существующему зданию (в городах такие ситуации очень часты) для наклонных стенок места нет.

В этом случае решить проблему помогает технология «стена в грунте», реализовывать которую можно с помощью наноструктурированного природного материала – бентонита [1].

Тиксотропия – явление, проявляющееся в превращении водной суспензии некоего вещества в псевдотвердое тело, сохраняющееся при отсутствии механических воздействий. При наложении нагрузки, превышающей критическую величину, такое тело переходит в жидкое состояние; при ее снятии жидкость снова становится псевдотвердым телом.

По периметру котлована роется траншея, ширина которой равна толщине стенки фундамента. Она заполняется суспензией бентонита, образующей за счет тиксотропных свойств этого минерала псевдотвердое тело, предотвращающее обрушение стенок котлована.

При создании стены в нее вводится стальная арматура и заливается бетонная смесь. В результате бентонитовая масса вытесняется и собирается для повторного использования, а на ее месте формируется настоящая железобетонная стена.

Бентонит образует тиксотропное тело с достаточно высокой прочностью, поскольку подобно графиту он построен из слоев (пластин) наноразмерной толщины со сравнимыми по величине расстояниями между ними. Однако в отличие от гидрофобного графита, бентонит – высокогидрофильное вещество, с большим количеством гидроксильных групп в молекуле, за счет образования водородных связей между которыми и образуется псевдотвердое тело.

Без бентонита затруднено также микрогуннелирование – прокладка трубопроводов под землей продавливанием труб, позволяющая вести такие работы под зданиями без нарушения их функционирования и под дорогами, не останавливая движения транспорта. В этом случае бентонит используется в виде водной суспензии для смазывания наружной поверх-

ности продавливаемой трубы, что предотвращает налипание на нее грунта [2]. Бентонитовая смазка используется и для снижения трения изделий при вдавливании их в грунт, например, при сооружении колодцев из бетонных колец.

Еще один пример использования бентонита – закрепление грунтов струйной цементацией, основанное на одновременном разрушении структуры грунта и его перемешивании высоконапорной струей цементного раствора, что позволяет создавать цилиндрические колонны диаметром до 2,5 м. Для этого на заданной глубине проводится бурение «лидерной» скважины, причем для удаления разбуhrиваемой породы и облегчения процесса используется подаваемый в скважину буровой раствор – водная суспензия бентонита [3].

Известно, что после сооружения фундамента в подземное пространство здания нередко попадает вода. С этим можно бороться, используя специальные жидкости, например, водоотталкивающую пропитку «Голдгар» – водную суспензию наноразмерных (около 15 нм) силиконовых частиц, которую рекомендуется применять для устранения протечек в недавно сооруженных, а также при ремонте старых, давших течь, подвалов. «Голдгар», в частности, с успехом используется в С.-Петербурге, где в связи со спецификой почвы такие протечки



особенно часты. Применялась она и в Нижнем Новгороде при изготовлении отсечной гидроизоляции в стенах кремлевского арсенала.

Ранее нередко возникала ситуация, когда грунт на строительной площадке был настолько слаб, что не мог выдерживать расчетную нагрузку от проектируемого здания, и требовался перенос строительства на новый участок с более прочным грунтом. В настоящее время благодаря использованию ряда веществ стройка может вестись в соответствии с генеральным планом, поскольку грунт удается упрочнять с помощью жидкого стекла – взвеси в воде наночастиц (НЧ) кремнекислородных кластеров лития, калия или натрия.

Способ заключается в том, что жидкое стекло закачивается в грунт через перфорированные трубы на заданную глубину. Одновременно через расположенные между ними

другие трубы вводится водный раствор хлорида кальция. Эти вещества, вступая в химическую реакцию, образуют клейкие НЧ кремниевой кислоты, скрепляющие частицы грунта.

Скорость и прочность закрепления грунта можно повысить при использовании более прогрессивного нановещества – жидкого стекла, совмещенного с полиизоцианатом [4].

Современное строительство – это и использование строительной техники, эксплуатируемой при интенсивном абразивном воздействии частиц грунта, песка, цемента. Надежность и долговечность машин и механизмов в конечном счете зависят от свойств их деталей и компонентов, значительная часть которых – узлы трения. Технический прогресс неизбежно предполагает рост удельных нагрузок, скоростей и рабочих температур трущихся поверхностей, ведущий к интенсивному износу, за которым следуют повы-

шенный расход смазки, усиление вибрации, снижение КПД и ресурса механизма. Возможно и разрушение такого узла.

Один из способов повышения эффективности строительной техники – применение в качестве присадок к смазочным материалам НЧ, к числу которых относится, например, присадка «Кластер-М», представляющая собой седиментационно-устойчивую суспензию смеси НЧ цветных металлов. Испытания показали, что при ее использовании износ трущихся деталей удается снизить до полутора раз.

Перспективно применение хорошо зарекомендовавшей себя добавки «Форум» – нанодисперсного порошка политетрафторэтилена, получаемого термогазодинамическим способом из отходов полимера. Его введение в масло автомобильных двигателей позволяет обеспечить надежную защиту трущихся деталей на 80 тыс. км

пробега, устранить пусковой износ, снизить расход топлива и масла, существенно уменьшить шум, вибрацию и токсичность отработавших газов. «Форум» также рекомендован для введения в масла, применяемые в редукторах и механических коробках передач, в подшипники и приводы, где используются консистентные смазки [5].

Еще один класс нановеществ для трибологических целей – синтезируемые фторированием сажи фторуглероды, которые можно использовать в виде сухой смазки, не текущей на холоде и имеющей более низкий, чем аналоги, коэффициент трения. Они также могут применяться в качестве присадок к смазочным маслам [6]. Примером фторированного наноматериала, вводимого в смазки для снижения коэффициента трения, повышения износо-, термо- и коррозионной стойкости служит «Флуралит» [7].

Вероятно, к числу наиболее эффективных фторорганических веществ из предназначенных для введения в смазки, а также для других целей, относятся производимые в России эпиламы – поверхностно-активные вещества (ПАВ) с наиболее высокой среди таких соединений поверхностной активностью, обеспечивающей их сорбируемость на поверхности различных твердых тел с образованием исключительно высокопрочной пленки толщиной 0,2–20 нм, способной снижать коэффициент трения более, чем на порядок, а усилие, необходимое для трогания из состояния покоя, – на три порядка. К этому классу веществ относятся, например, Наномодификатор Асоль-f, Полизам–0,5м, Полизам–20, Полизам–20МСК, Фолиокс–1, Эфрен–1, Модификатор трения УМ-2 [8]. В частности, популярный среди автомобилистов «Аспект-модификатор» содержит в своем составе эпилам.

Еще в первой половине 70-х годов прошлого столетия было замечено, что при бурении скважин в серпентинитах узлы

трения бурового инструмента, охлаждаемого взвесью в воде выбуриваемой породы, не изнашиваются. Изучение этого эффекта привело к разработке ремонтно-восстановительных составов (РВС), получаемых тонким измельчением серпентинита или аналогичных ему по структуре и составу слоистых минералов. В результате добавления РВС к смазочному маслу на поверхности за счет энергии трения образуется «залечивающий» дефекты керамометалл [9]. (У РВС существует и другое название – геоактиваторы.)

Один из первых российских РВС представляет собой сухую смесь минеральных частиц, главным образом серпентинита, нефрита, шунгита размером 1–10 мкм с рядом функциональных добавок. Состав безвреден. Компоненты такого РВС в смазочном масле не растворяются и в химическую реакцию не вступают, причем, поскольку он вводится в небольшом количестве, вязкость масла не меняется. Во время работы выступы микрорельефа на поверхности трения измельчают минеральные частицы до наноразмеров, активизируя их. В результате происходит замещение магния, присутствующего в молекулах серпентинита, на железо, приводящее к образованию новых веществ, заполняющих объем дефекта, причем коэффициент термического расширения нового по структуре, очень стойкого к износу керамического слоя, такой же, как у стали.

Еще один препарат, позволяющий восстанавливать изношенные узлы и механизмы в режиме штатной эксплуатации, – антифрикционная ресурсовосстанавливающая композиция (АРВК) – суспензия серпентинита в виде порошка с размером частиц 1–5 мкм в базовой жидкости [10].

Высокоэффективным РВС является также препарат «Practiex» – силикатно-керамическая композиция, позволяющая предотвратить контакт «ме-

талл-металл» в результате синтеза в таких местах слоя металлокерамики и до трех раз увеличивающая срок службы агрегатов и механизмов. За счет повышения компрессии при использовании данного препарата в цилиндрах мощность двигателей внутреннего сгорания возрастает на 10–15%. На такую же величину снижается расход топлива, а срок службы масла увеличивается минимум в два раза.

Интерес представляет также нанодисперсный противоизносный антифрикционный ремонтно-восстановительный состав «Стрибойл» [11].

Литература

1. Мангушев Р.А., Осокин А.И. Метод «стена в грунте». – Петербургский строительный рынок, 2006, №6-7, с.20–22.
2. Кастинский Д. Технология микротоннелирования: рациональное применение в условиях застройки. – Мастерская. Современное строительство, 2009, №3, с.88–89.
3. Черношей Н.В. Методика струйной цементации. – Мастерская. Современное строительство, 2009, №2, с.52–54.
4. Войтович В.А. Отвердители силикатных клеев. – Клеи. Герметики. Технологии, 2009, №12, с.17–20.
5. Бузник В.М. Новые наноразмерные и микроразмерные объекты на основе политетрафторэтилена. – Российские нанотехнологии, 2009, №11–12, с.35–40.
6. Полякова Н.В., Вульф В.А. Широкое поле применения фторуглерода. – Контакты, 2002, №2, с.3.
7. www.fluralit.ru.
8. www.epilam.ru.
9. Сафонов В.В., Шишурин С.А., Александров В.А. Повышение эффективности сельскохозяйственной техники за счет применения наноматериалов. – Нанотехника, 2009, №4, с.79–82.
10. Лабунский Л. Присадка АРВК. – Коммунальный комплекс России, 2008, №4, с.90–91.
11. Поляков С.А. Нанотехнологические методы создания трибосопряжений, способных динамически адаптироваться к условиям эксплуатации. – Нанотехника, 2009, №4, с.81–89.