



## 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 разбуриваемой 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 «Голдтар» – 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. «Голдтар», 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.