

ГЕОЭКОЗАЩИТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ И МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬСТВА, ОСНОВАННАЯ НА МЕТОДЕ КАПИЛЛЯРНОГО ПОДСОСА

Л.Б. Сватовская, доктор технических наук, профессор;
М.М. Байдарашвили, кандидат технических наук, доцент;
В.Н. Сурков, кандидат технических наук.
Петербургский государственный университет путей сообщения

Рассмотрена возможность использования метода капиллярного подсоса раствора и нанораствора для повышения уровня свойств строительных цементных изделий. Отмечается, что основой возможности его применения является одновременно два самопроизвольных процесса – капиллярный подсос и химическая реакция, идущая с повышением энергии Гиббса. Капиллярный подсос обеспечивает поднятие раствора, а химический процесс обеспечивает взаимодействие составляющих раствора и цементного камня.

Ключевые слова: капиллярный подсос, самопроизвольный, свойства, компоненты, нанораствор, ионы

NEW GEOECOPROTECTION TECHNOLOGY FOR ARTICLES AND MATERIALS FOR CONSTRUCTION

L.B. Svatovskaya; M.M. Baydarashvily; V.N. Surkov.
Petersburg state university of railway transport

Two processes are being shown in the article. One of them is capillary in leakage of the Nanosolution of the solution with colored metal ions. The other process is interaction and reaction between cement stone components and the solution component. Both of them are spontaneous, without added energy and with good technical results.

Keywords: inleakage, capillary, spontaneous, properties, components, nanosolutions, ions

Актуальность работы связана с необходимостью развития новых, энергоэкономных (геоэкозащитных) технологий производства изделий и металлов для строительства, обеспечивающих достижение требуемых физико-механических свойств, и достаточных геоэкологических показателей [1]. Одним из решений задач такого рода является учет эксплуатационных особенностей изделий, которые отличаются особенностями эксплуатации поверхности изделий. Так, например, для пенобетона важно защитить внешнюю поверхность – ее требуется штукатурить; для изделий, «работающих» частично в земле (грунте) – сваи или пастбищные столбики – важно обеспечить повышенную водонепроницаемость подземной части; при дорожном строительстве важны, наряду с другими, показатели твердости поверхности; при этом требуется также сохранение чистой окружающей среды – нельзя, с точки зрения геохимии и геоэкозащиты, использовать любые органические или другие вещества, чуждые по составу земной коре.

Основной гипотезой создания новой строительной и одновременно геоэкозащитной технологии было использование двух самопроизвольных явлений-капиллярного подсоса раствора, содержащего частицы кремнезоля (наноразмер) и (или) ионы тяжелых d-металлов, которые способны взаимодействовать с минеральными составляющими цементного изделия с образованием дополнительного количества гидросиликатов кальция или гидросиликатов и гидроксидов d-металлов. При такой постановке учитывалось, что в принципе возможные

взаимодействия частиц кремнезоля с гидросиликатом и гидроксидом, например при пропитке поверхности раствором кремнезоля, что экспериментально доказано в работах кафедры «Инженерная химия и естествознание» Петербургского университета путей сообщения в 2002–2009 гг. [2]. Однако такому взаимодействию должно быть и термодинамическое обоснование самопроизвольности, которое описало бы процесс с точки зрения значения энергии Гиббса, ΔG^0_{298} . При этом можно было ожидать, что дополнительное образование гидросиликатов при капиллярном подсосе раствора кремнезоля должно привести к повышению прочности, плотности и водонепроницаемости изделия, увеличивая его морозостойкость и деформационные свойства, по крайней мере за счёт дополнительного образования гидратных фаз. Особенно следует отметить, что гидросиликаты d-металлов окрашены, именно поэтому они наряду с ростом прочности могут обеспечить окрашивание поверхности. Геоэкологический аспект анализа показывает, что поскольку продукты разрушения изделий содержат гидросиликаты кальция при подсосе кремнезоля или гидросиликаты окрашенных ионов, их образование не нарушит чистоту литосферы, состоящей во многом из силикатов.

В табл. 1 показан выполненный термодинамический расчет взаимодействия кремнезоля и ионов d-металлов с составляющими цементного камня, который показывает, что самопроизвольность реакции энергетически оправдана, так как сопровождается понижением энергии Гиббса.

Таблица 1. Термодинамический анализ реакций кремнезоля с составляющими цементного камня

| № п/п | Химическая реакция взаимодействия кремнезоля | ΔG^0_{298} реакции кДж |
|-------|---|--------------------------------|
| 1 | $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ | -201,50 |
| 2 | $2\text{Ca}(\text{H})_2 + \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{CaO} \cdot 1,17\text{H}_2\text{O} + 1,83\text{H}_2\text{O}$ | -594,46 |
| 3 | $3\text{Ca}(\text{H})_2 + 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ | -237,20 |
| 4 | $5\text{Ca}(\text{OH}) \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = 5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5,5\text{H}_2\text{O}$ | -728,50 |
| 5 | $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 1,17\text{H}_2\text{O} + 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O} + 0,67\text{H}_2\text{O}$ | -180,30 |

В опытах был использован лабораторно полученный кремнезоль, и в работе [3] выяснились концентрации кремнезоля, дающие наилучший результат, время применения капиллярного подсоса к твердеющей системе, а также достигаемые свойства. Было обнаружено, что при соблюдении оптимальных условий применения капиллярного подсоса изделиями достигаемая прочность при сжатии может превысить 200 %. Пример исследования показан в табл. 2.

Таблица 2. Физико-механические исследования цементных изделий

| Средняя плотность | Физико-механические характеристики контрольного образца, R, МПа | | Физико-механические характеристики образца, обработанного 5 % кремнеземом в 7 сут. норм. тв., R, МПа | |
|-------------------|---|----------------------|--|----------------------|
| | прочность при сжатии | прочность при изгибе | прочность при сжатии | прочность при изгибе |
| D 500 | 0,72/100 % | 0,77/100 % | 1,93/269 % | 0,863/112 % |
| D 600 | 1,44/100 % | 0,89/100 % | 2,94/204 % | 1,19/133 % |
| Тяжелый бетон | 21,24/100 % | 3,85/100 % | 36,69/173 % | 4,3/112 % |

Таким образом, был установлен факт, что подсос кремнезоля эффективен и для легких, и для тяжелых бетонов, причем повышение прочности значительно (табл. 2). Опыты по использованию окрашенных растворов также показали возможность окрашивания образцов с поверхности подсоса в белый, розовый, зеленый и коричневатые тона; размер глубины окраски составляет до нескольких миллиметров, плотность образцов для тяжелого бетона при этом повышается.

Физико-механические исследования, выполненные рентгенофазовым, дериватографическим и ИК-спектральным методами, подтвердили протекание химических процессов взаимодействия кремнезоля и составляющих изделий – гидроксидом кальция и высокоосновными гидросиликатами.

Проведенные исследования позволили предложить новую технологию повышения уровня свойств строительных изделий путем использования одновременно двух самопроизвольных процессов – капиллярного подсоса раствора с nano частицами кремнезоля и физико-химических-самопроизвольных реакций кремнезоля с составляющими цементного камня, в результате которых понижается энергия Гиббса и повышается уровень строительно-технических свойств.

Литература

1. Применение инженерно химических знаний в геоэкозащитных строительных технологиях (включая нанотехнологии) / Л.Б. Сватовская [и др.]. СПб.: ПГУПС, 2013. 80 с.
2. Сычева А.М., Князев А.Е., Хаммади М. Повышение энергосберегающих свойств материалов для строительства с использованием добавок с наноструктурными элементами // Естественные и технические науки. 2012. № 6. С. 602–604.
3. Некоторые геоэкологические аспекты строительной деятельности на инженерно-химических основах / Л.Б. Сватовская [и др.] // Естественные и технических науки. 2013. № 3. С. 149–152.