

УДК 691

ОБРАЗОВАНИЕ ВЫСОЛОВ НА БЕТОНЕ

А. А. Харитонов

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Цель исследования — получение данных для решения вопроса о снижении высолообразований, которые ухудшают внешний вид сооружений. Названы условия образования высолов на поверхностях композитов, содержащих цемент. Проведен анализ и выявлены механизмы образований высолов, в том числе как составной части химической коррозии цементного камня. Определены возможные факторы, влияющие на конструкционно-эксплуатационные характеристики.

Ключевые слова: высолообразование, выцветы на бетоне, диффузия солей в бетоне.

FORMATION OF EFFLORESCENCE ON CONCRETE

A. A. Kharitonov

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The purpose of this study is to obtain data and methodological grounds for addressing the issue of reducing efflorescence on facade surfaces that worsen the overall aesthetic appearance of buildings and structures in urban areas. The conditions for the formation of efflorescence on the surfaces of cement-containing composites are established. To ensure the preservation of the architectural and artistic expressiveness of residential and public buildings, an analysis was carried out and the mechanisms of efflorescence formation were identified, including as an integral part of the chemical corrosion of cement stone. Also, possible causal factors affecting the quality of structural and operational characteristics of structures are identified.

Keywords: efflorescence, fading on concrete, diffusion of salts in concrete.

Введение. Качество бетона как строительного материала во многом определяет физические, экономические, эстетические и экологические параметры возводимого объекта. При производстве бетона широко используется местное сырье, материал отличается малой энергоемкостью, экологической безопасностью и эксплуатационной надежностью. К тому же он сохраняет свои свойства под воздействием окружающей среды (солнечная радиация, атмосферная и грунтовая влажность, загрязненный воздух продуктами сгорания и пр.). Все это позволяет утверждать, что в обозримом будущем бетонные смеси останутся в числе основных конструктивных материалов [1]. Отметим также, что после вступления России во Всемирную торговую организацию отечественной стройиндустрии пришлось оперативно адаптироваться к условиям мирового рынка [2].

Основная часть. В данном исследовании рассматривается высолообразование на поверхностях цементосодержащих материалов. Высолообразование — это дефект, в большинстве случаев не снижающий эксплуатационные характеристики бетонных и железобетонных конструкций, но существенно ухудшающий эстетический вид сооружений.

В процессе производства, строительства, а также эксплуатации конструкций бетон подвергается значительному воздействию технологической и сторонней влаги. Содержащиеся в материалах растворимые химические соединения и вещества (соли, противоморозные добавки и др.) со временем при естественном высушивании перемещаются на поверхность в виде водно-

солевых растворов, которые в дальнейшем образуют кристаллы соединений — появляются разводы.

Актуальность темы не вызывает сомнений. На базе Белгородского государственного технологического университета под руководством доктора технических наук, профессора В. В. Строкова была защищена кандидатская диссертация на тему «Мелкозернистый бетон для тротуарной плитки с пониженным высолообразованием». Необходимы дальнейшие исследования для решения различных вопросов и проблем в области высолообразования.

Причины высолообразования. Элементы зданий и сооружений во время строительства и технической эксплуатации испытывают воздействие резких перепадов температур, газообразных техногенных выбросов, влажности в виде атмосферных осадков и пр. В результате на лицевых поверхностях зданий из бетона, в том числе оштукатуренных и облицованных, могут появляться высолы.

Высол — это налет на поверхности цементсодержащих материалов. Он возникает вследствие движения водорастворимых солей и их последующей кристаллизации при испарении влаги с поверхности. Высолы (выцветы) ухудшают эстетический вид элемента и способствуют преждевременному разрушению материала конструкций. Сокращение высолов — непростая, но интересная задача для технологов-строителей.

Нормативно-техническая документация не регламентирует количество и характер высолов, а лишь фиксирует факт их возможного образования (ГОСТ 13015) [3].

Высолы образуются при определенных условиях:

- влага в материале или внешней среде,
- водорастворимые соли в материале,
- миграция образовавшегося раствора на поверхность изделия и кристаллизация при высыхании.

Итак, наличие влаги в материале — первое условие для высолообразования. Вода может быть компонентом материала. Кроме того, конструкция увлажняется во время эксплуатации. Речь идет прежде всего о равновесной влажности, включающей капиллярную конденсацию в микропорах и гигроскопическое водопоглощение. Конструкция увлажняется еще и за счет конденсации водяного пара в точке росы.

Образование высолов является индикатором более глубоких изменений в структуре строительного изделия. Дело в том, что кристаллизация солей в порах материала может вызывать выкрашивание поверхностного слоя. Она же бывает причиной разрушения материала из-за кристаллизации солей внутри конструкции, что обуславливает внутренние напряжения. В этом смысле высолообразование рассматривают как часть химической коррозии цементного камня.

Процесс образования первичных высолов. Все накопления у поверхности в пористой структуре цементных растворов могут быть причиной дефектов — от выкрашивания до разрушения материала. В этом случае они оказываются составной (видимой) частью химической коррозии цементного камня под действием водорастворимых солей (сульфатов, карбонатов, нитратов, хлоридов).

В бетонной смеси содержится гидроксид кальция. При испарении влаги водорастворимый гидроксид кальция перемещается к поверхности [3] фасада и осаждается на ней. Так появляются известковые отложения. Затем, в результате присоединения углекислого газа происходит карбонизация гидроксида кальция, что ведет к образованию труднорастворимого карбоната кальция [3]:



Видимые высолы наблюдаются при конденсации воды на поверхности свежих бетонных изделий. В результате влага на поверхности вступает в прямой контакт с капиллярной влагой,

богатой известью. При испарении гидроксид кальция кристаллизуется в бетонной поверхности, образуя «видимые первичные высолы». При высокой скорости испарения конденсационная влага может не появиться. В этом случае процесс карбонизации локализуется ниже бетонной поверхности. Образуются «невидимые первичные высолы» [3].

Второе условие высолообразования — присутствие в материале водорастворимых соединений. Применительно к портландцементу и продуктам его гидратации в поровый раствор довольно быстро переходят ионы Ca^{2+} , OH^- , SO_4^{2-} , K^+ , Na^+ . Это так называемый первичный раствор. При его контакте с атмосферным воздухом происходит частичная карбонизация раствора и сульфирование. В результате происходит увлажнение за счет дополнительных ионов HCO_3^{3-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} (вторичный раствор). Поглощение растворов извне дополнительно усложняет состав, в том числе благодаря ионам Cl^- , NO_3^- .

При выпаривании таких растворов (высыхание на поверхности) из них кристаллизуются соли разного состава. В зависимости от концентрации и соотношения ионов высолы различают по химическому составу, например:

- карбонатно-кальциевые,
- карбонатно-натриевые,
- сульфатно-натриевые.

Также встречаются вышеперечисленные соединения с Al, Si, Fe. За счет присоединения данных элементов образующиеся соединения становятся труднорастворимыми.

На рис. 1 представлена общая схема образования растворов с соединениями солей при твердении цементсодержащих растворов и бетонов.

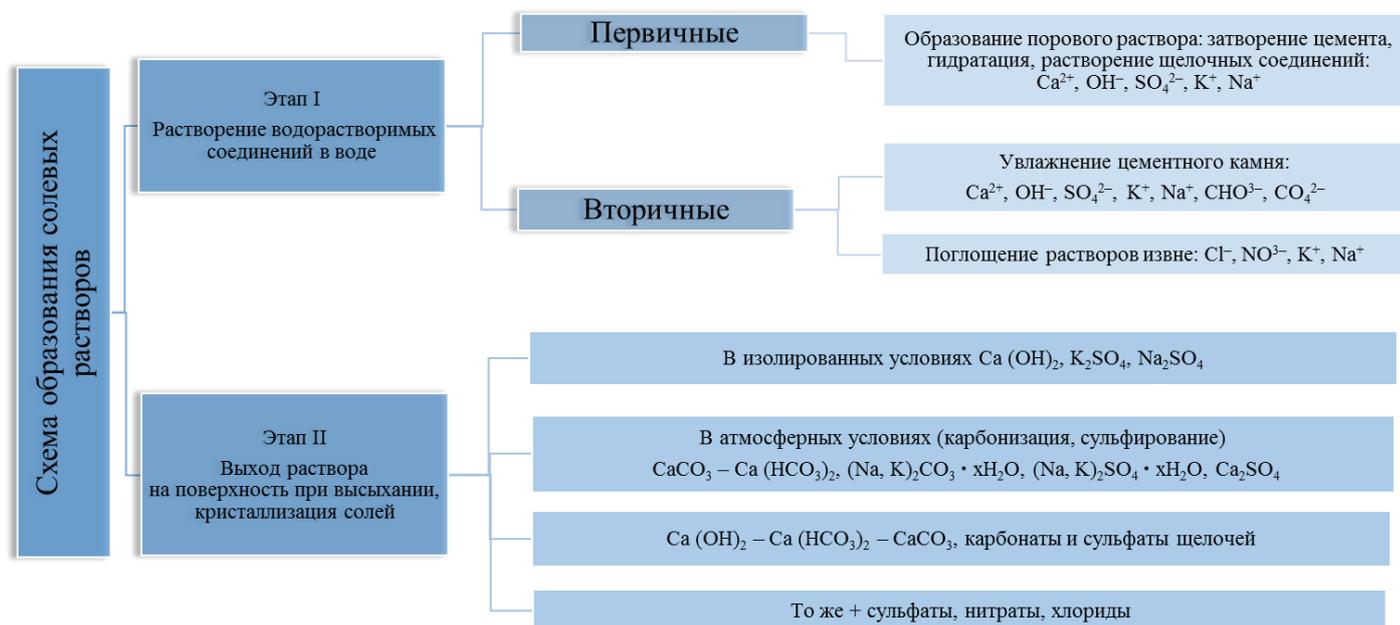


Рис. 1. Схема образования растворов с соединениями солей при твердении цементсодержащих материалов. Таким образом, существуют три источника высолов.

1. Собственные водорастворимые соли строительного материала (цемент, заполнители и т. д.): сульфаты щелочей и $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

2. Соли — продукты взаимодействия строительного материала и атмосферы (CO_3 , SO_4): карбонаты и бикарбонаты кальция и щелочей, сульфаты щелочей.

3. Соли, поглощенные за счет капиллярного подсоса и при прямом контакте с водой: сульфаты, нитраты, хлориды [4].

Влияние структуры цементного камня. Еще одно условие — диффузия воды в цементном камне. Ее возможность определяется характером проницаемости камня, которая, в свою очередь, зависит от поровой структуры — общей пористости, размера (радиуса) пор и их замкнутости.

В цементном камне присутствуют три вида пор.

1. Микропоры, в том числе гелиевые и контракционные с радиусом $r < 10^{-7}$ м ($< 0,1$ мкм). Вода может фильтроваться (перемещаться) через эти поры только в виде пара.

2. Макропоры с радиусом $r = (10^{-7} \div 10^{-4})$ м ($0,1 \div 100$) мкм, образующие систему так называемых капиллярных пор, в которых за счет капиллярного эффекта происходит самопроизвольное водопоглощение (движение воды против силы тяжести).

3. Воздушные поры с $r > 10^{-4}$ м ($> 0,1$ мкм). В них не бывает самопроизвольного капиллярного подъема воды, однако она находится под давлением (в том числе под давлением силы тяжести) и фильтруется через эти поры [4].

Заключение. Итак, при образовании высолов имеют значение четыре фактора.

1. Наличие в строительных материалах водорастворимых соединений солей.

2. Поровая жидкость, образованная «свободной» водой.

3. Структура цементного камня как продукт гидратации портландцемента и последующей карбонизации.

4. Скорость осушения материала.

Таким образом, если в качестве источника высолообразования принять цементсодержащий раствор, то его склонность к высолообразованию будет определяться, с одной стороны, составом и свойствами портландцемента, с другой — формированием структуры камня (раствора), обеспечивающей диффузию водных растворов на поверхность. Содержанием водорастворимых солей в мелком заполнителе в большинстве случаев можно пренебречь.

Библиографический список

1. Шильдт, Л. А. Бизнес-модель оценки экономической эффективности производства фибробетона / Л. А. Шильдт // Евразийский юридический журнал. — 2019. — № 10 (137). — С. 414–416.

2. Харитонов, А. А. Недостатки внутренних стеновых панелей и пути их устранения / А. А. Харитонов, Е. А. Шляхова // Строительство и архитектура. — 2015. — С. 432–433.

3. Корнеев, В. И. Высолы на бетонных изделиях / В. И. Корнеев // Популярное бетоноведение. — 2006. — № 6 (14) // Евроблок : [сайт]. — URL : <http://euroblock.info/servis/vysoly-na-betonnyh-izdeliyah/> (дата обращения: 01.03.2022).

4. Высолы на бетоне. Причины / ООО «Вест-Бетон» // vest-beton.ru : [сайт]. — URL: <https://vest-beton.ru/stati/vysoly-na-betone-prichiny.html> (дата обращения: 01.03.2022).

Об авторе:

Харитонов Александр Александрович, старший преподаватель кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), tvvbisk@mail.ru.

About the Author:

Kharitonov, Aleksander A., Senior Lecturer, Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), tvvbisk@mail.ru