

Сулейманова Л. А., канд. техн. наук, проф.,
Малюкова М. В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ВЫСОЛЫ (ВЫЦВЕТЫ) НА ПОВЕРХНОСТИ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

ludmilasuleimanova@yandex.ru

Проанализированы причины образования высолов (выцветов) на поверхности бетонных изделий, в частности, тротуарных плит. Обозначены основные методы предупреждения возникновения высолов (выцветов) и способы их ликвидации с эксплуатируемых изделий.

Ключевые слова: высолы, выцветы, бетонные изделия, тротуарные плиты.

Высокие конструктивные, эксплуатационные и декоративные качества, ремонтная пригодность в сочетании с экологической безопасностью делают бетонные тротуарные плиты лучшим вариантом благоустройства территорий с высокими темпами строительства и с эстетическими преимуществами.

Накопленный опыт эксплуатации плитных тротуарных покрытий свидетельствует, что их качество зависит не только от показателей внешнего вида элементов, но и от подготовки основания, тщательности укладки и порядка сборки, при этом любые отступления от технологии приводят к снижению декоративных свойств и долговечности в целом. Довольно часто на поверхности бетонных тротуарных плит можно наблюдать высолы (выцветы).

Высолы (выцветы) на поверхностях бетонной продукции влияют не только на ухудшение эстетических свойств строительства, но и на нарушение внутренней структуры материала, так как снижается его целостность, ускоряется трещинообразование и понижается прочность.

Наличие высолов (выцветов) на поверхностях бетонной продукции обуславливается сложными физико-механическими процессами, происходящими в зависимости от многих факторов, относящихся, в первую очередь, к компонентному составу бетона, прежде всего, к цементу и его химическому и минералогическому составам, к условиям хранения и эксплуатации изделий (без защиты от погодного влияния на открытом воздухе, не под крышей, в окружении деревьев и кустарников), к влиянию атмосферных и механических нагрузок. Ведь, в принципе, все изделия – особенно используемые вне помещений – подвержены естественному процессу старения. Данная проблема относится ко всей продукции, изготовленной на основе цемента, однако, в связи с технологическими особенностями полусухого вибропрессования чаще всего встречается на изделиях, полученных именно этим способом.

Нормативно-техническая документация в системе строительства не регламентирует количество и характер подобных образований на поверхностях изделий – высолов (выцветов), а лишь фиксирует факт их возможного образования (ГОСТ 13015).

В стандарте DIN EN 1338 «Бетонная брусчатка» значится следующее примечание: «Выцветание не оказывает влияния на пригодность брусчатки к использованию и не рассматривается как существенное». Аналогичные формулировки также содержатся в стандартах по тротуарной плитке и бетонному бордюроному камню [1].

Изложенные ниже примеры выцветания, как правило, не влияют на пригодность к использованию, но по эстетическим причинам часто являются причиной претензий:

1. Белые пятна – причина белых пятен на изделиях известна давно. Есть основания предполагать, что появление белесых высолов на поверхности бетонных изделий связано с продолжающимся процессом гидратации цемента в уже отвердевшем материале.

Наблюдения показывают, что белесые высолообразования появляются в течение первого года, затем они постепенно смываются атмосферными осадками и изделия восстанавливают свой первоначальный цвет.

Материальной основой этому служит растворенный гидроксид кальция, который по системе пор проникает на поверхность и там связывается с CO_2 , образуя карбонат кальция. Со временем нерастворимые высолы на основе CaCO_3 под действием карбонизации превращаются в более растворимый бикарбонат [2].

Главной причиной образования высолов на поверхности изделий является гидроксид кальция Ca(OH)_2 , содержащийся в большом количестве в цементном камне. Однако, для образования высолов Ca(OH)_2 должен мигрировать по капиллярам на поверхность. Что бы произошла миграция необходима разность концентраций Ca(OH)_2 в жидкой фазе на

поверхности и в объеме материала и нужна жидкая фаза (рис. 1).

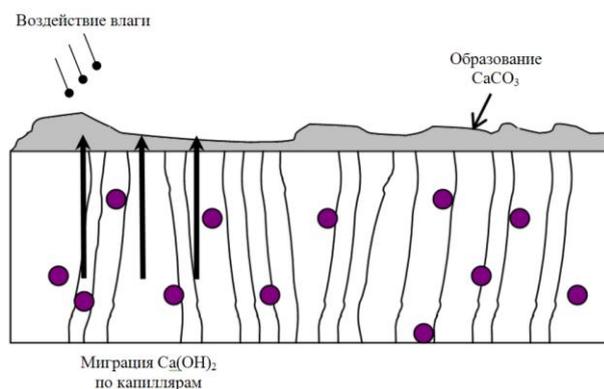


Рис. 1. Схема возникновения высолов (выцветов) на поверхности бетонных изделий

Следовательно, для борьбы с высолом в первую очередь, по возможности нужно сократить количество свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементном камне. Сделать это можно двумя способами:

- использовать цемент с пониженным содержанием трехкальциевого силиката (алита). Но такие цементы характеризуются низкой скоростью твердения и пониженной маркой;
- использовать добавки, которые способны связать свободный $\text{Ca}(\text{OH})_2$, например активные кремнеземистые добавки. Однако, доступные и дешевые добавки, такие как пуццолановые или золы ТЭС, проявляют себя в должной степени только при интенсивной тепловлажностной обработке.

При оценке эффективности этих способов борьбы с высолом следует отметить, что высолы – это явление поверхностное, и большая часть $\text{Ca}(\text{OH})_2$ остается «запертой» в бетоне.

Другим необходимым условием образования высолов является наличие капилляров, по которым жидкая фаза цементного камня с растворенным в ней гидроксидом кальция выносится на поверхность изделия.

Капиллярные поры образуются в затвердевшей растворной части бетона по двум причинам: неправильно подобранное соотношение «песок – цементное тесто» и состав самого цементного теста. Для снижения капиллярной пористости с помощью уменьшения водосодержания смеси при обеспечении плотной укладки применяют интенсивное уплотнение методом вибропрессования. Но в любом случае, технология не защищает от образования капиллярных пор: их будет меньше или больше, но они будут.

Многолетние наблюдения показали, что при хранении готовых изделий на складе,

наибольшее количество высолов образуется в местах соприкосновения изделий друг с другом, где вода не высыхала длительное время. На поверхности изделий вода высыхает достаточно быстро, поэтому образование белесого налета там минимально.

На рис. 2 представлены известковые пятна после преждевременной укладки изделий в сырую холодную погоду.



Рис. 2. Известковые пятна на брусчатке

Если тротуарную плитку или бордюрный камень после резки сразу не промыть, то может образовываться на бетонных изделиях дымчато-белый налет.

Выцветание поверхности бетонных изделий – процесс многофакторный и исключить его практически не возможно, но, снизив до минимума пористость и водопроницаемость бетона, мы сможем снизить миграцию влаги, тем самым повысить качество продукции.

А при выдержке и хранении бетонных изделий на складе необходимо, по возможности, не допускать попадания воды на поверхность изделий.

Если поверхность изделий сухая и в окружающей среде достаточно углекислого газа, то образование CaCO_3 происходит не в устье пор, а внутри капилляров. Поры кольматируются, повышается водостойкость, высолы не появляются. Для интенсификации этого процесса можно использовать принудительную подачу углекислого газа в камеры твердения. Например, подавать из котельной газы, обогащенные CO_2 [3].

Еще одним из вариантов предотвращения высолообразования и выцветания являются прозрачные поверхностные покрытия из водных дисперсий акрилатов или силиконовые пропитки. Покрытие бетона акриловыми дисперсиями создает на его поверхности прозрачную пленку, которая закрывает поры бетона и предотвращает выделение карбоната кальция на поверхности. Малая толщина покрытия

ограничивает срок его службы 1...2 годами, но этого вполне достаточно, так как белый налет обычно образуется в первые два года.

2. Желто-коричневые пятна – образуются, как правило, из-за соединений железа. Механизмы проникновения на поверхность аналогичны тем, что были описаны на примере с белыми пятнами (рис. 3).

Подобное выцветание, причиной которого часто является укладка невыдержанного изделия, совсем не новое явление. Сегодня мы знаем, что предпосылкой для возникновения желто-коричневых пятен является комплексное воздействие различных факторов: состава бетона, изготовления и хранения продукции.



Рис. 3. Желто-коричневые пятна на бетонных изделиях

Кроме того, к выцветанию может также привести ненадлежащий монтаж (на постоянно влажной основе), а также внешние воздействия (например, растительность).

В литературе, экспертных заключениях и описаниях продукции в качестве причин возникновения высолов (выцветов) указываются следующие:

- минеральные компоненты зернистой структуры камня;
- природный песок, оттенков от красноватого до коричневого, в выдержанном растворе при испытании натриевого щелока;
- базальтовая мука в качестве бетонной добавки;
- недостаточно обожженный портланд-цементный клинкер;
- состав некоторых ингибиторов помола;
- основа или пазы, засоренные железной стружкой;
- качество летучей золы каменного угля в качестве бетонной добавки;
- загрязнение удобрениями, содержащими сульфат железа.

В качестве дополнения приведем результат практического опыта, многолетних наблюдений и анализа претензий одного из европейских заводов:

- пятна после струйной обработки (с посторонними включениями);
- после заводской дробеструйной обработки на поверхности продукта остались мелкие частицы железа, и они стали причиной пятен;
- пористая брусчатка (дренажная плитка) выцвела после трехдневного хранения; изготовленная параллельно на втором станке плитка с более плотной структурой и при аналогичных условиях хранения пятен не имеет;
- на плитке, изготовленной с применением базальтовой крошки, уже через несколько дней хранения на открытом складе проявились пятна; плитка, изготовленная вслед за этим на том же станке, но без применения базальта, была обычного серого оттенка.

Пятна можно наблюдать также на плитке, поврежденной из-за взаимодействия щелочи с кремниевым заполнителем. В данном случае они выступают как просто нежелательное побочное явление, а проблему представляет недостаточная долговечность [1].

3. Зеленый налет – водоросли, лишайники, грибы и мох могут быть причиной зеленоватого цвета поверхности бетонных изделий, эксплуатируемых чаще всего на затененной и влажной территории. Не только изделия из бетона, но и другие материалы, такие как камень и дерево, в соответствующих условиях окружающей среды подверглись бы такому воздействию и покрылись зеленым налетом.

На рис. 4 представлена плитка, уложенная в тени, по истечении полугода на которой появился зеленый налет, а через три года после укладки брусчатка покрылась лишайником.



Рис. 4. Зеленый налет и лишайники на брусчатке

Все эти материалы обладают относительно пористой поверхностью и, таким образом, представляют собой идеальное место для размножения микроорганизмов. Типичная шероховатость поверхности для необработанных блоков и плитки, с одной стороны дает необходимое и требуемое в соответствии со стандартами сопротивление скольжению, с другой стороны, это способствует большему загрязнению изделий с очень гладкой поверхностью.

Как избежать возникновения пятен?

Белые, желто-коричневые пятна, а также зеленый налет никому и никогда не удавалось полностью избежать. Анализ причин образования высолов (выцветов) на поверхности бетонных изделий, в частности тротуарных плит, позволил обозначить возможные способы предупреждения их возникновения и ликвидации с эксплуатируемых изделий (рис. 5):



Рис. 5. Способы предупреждения возникновения высолов (выцветов) и ликвидации их с эксплуатируемых изделий

– Бетон должен иметь минимально возможную пористость и водопроницаемость. Это может быть достигнуто за счет применения композиционных вяжущих, вяжущих низкой водопотребности, цементов с пониженным содержанием щелочей, обогащенных заполнителей, песка без растворимых солей, добавок, оптимизации водоцементного отношения, соотношения между цементом и песком, гранулометрии и создания плотной упаковки в бетонной смеси [4], совершенствования и управления технологией изготовления изделий;

– В процессе твердения и при последующем хранении бетонной продукции необходимо соблюдать температурно-влажностный режим, защищать поверхность изделий от попадания влаги. Со временем естественные процессы карбонизации понизят вероятность выцветания бетона в процессе эксплуатации;

– Соблюдать технологию монтажа. Если изделия укладывать при высокой относительной влажности, это стимулирует появление пятен, они могут возникнуть уже через несколько дней;

– Образование зеленых пятен или налета нельзя избежать полностью. Здесь в качестве профилактики можно использовать регулярную механическую чистку;

– Появление высолов возможно предотвратить прозрачными поверхностными покрытиями (гидрофобизаторами).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Херинг, К. Выцветание бетона [Текст] / К. Херинг // СРІ – Международное бетонное производство. – 2010. – № 6. – С. 58–66.
2. Тейлор, Х. Химия цемента [Текст] / Х. Тейлор. – М.: Мир, 1996. – 560 с.
3. Довгань, И.В. Исследование высолов на тротуарной плитке [Текст] / И.В. Довгань, В.И. Жудина, Е.А. Маковецкая // Вісник ОДАБА. – 2008. – № 32.
4. Сулейманова, Л.А. Высокоплотные составы вибропрессованных бетонов [Текст] / Л.А. Сулейманова, И.А. Погорелова, М.В. Малюкова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 3. – С. 48–50.

