

Разрушение бетона

Содержание

▶ 1	Введение	2
▶ 2	Разрушение бетона	4
▶ 3	Агрессивное воздействие внешней среды	5
3.1	Агрессивное воздействие двуокиси углерода	5
3.1.1	Диагностика разрушения при карбонизации	7
3.1.2	Диагностика разрушения при выщелачивании	8
3.2	Агрессивное воздействие сульфатов	9
3.2.1	Диагностика разрушения из-за воздействия сульфатов	10
3.3	Агрессивное воздействие хлоридов	11
3.3.1	Диагностика разрушения из-за воздействия хлоридов	12
3.4	Взаимодействие щелочей цемента с заполнителями бетона	13
3.4.1	Диагностика разрушения из-за взаимодействия щелочей цемента с заполнителями бетона	14
▶ 4	Агрессивное воздействие физических факторов	15
4.1	Замерзание и оттаивание	15
4.2	Высокие температуры	17
4.3	Усадка и растрескивание	19
▶ 5	Агрессивное механическое воздействие	20
5.1	Истирание	20
5.2	Ударное воздействие	21
5.3	Эрозия	22
5.4	Кавитация	22
▶ 6	Дефекты	22
▶ 7	Классы воздействий (UN111104:2004)	25
▶ 8	Ремонт бетонных конструкций	28
▶ 9	Европейский стандарт UNI EN 1504	30
▶ 10	Продукция компании MAPEI	31

► 1 | Введение

Считается, что первыми начали применять бетон в строительстве римляне. Они использовали смесь из извести, пуццоланов, бутового камня и воды. К числу самых знаменитых сооружений римлян принадлежит виадук Pont du Gard в Ниме (фото 1).

Самый высокий сохранившийся древнеримский акведук, перекинут через реку Гардон (прежде называемую Гар) во французском департаменте Гар близ Ремулана. Длина 275 метров, высота 47 метров. Памятник Всемирного наследия ЮНЕСКО (с 1985 г.), построенный приблизительно 150 г. до нашей эры и здание Пантеона в Риме, которое относится к 27 г. до нашей эры (фото 2). Подобные

фото 1
Виадук Pont du Gard
в Ниме, Франция



примеры дают представление о немыслимых возможностях этого материала. В своем труде «Об архитектуре» известный писатель, архитектор и инженер Витрувий, восходящем где-то к 25 г. до нашей эры, обсуждает использование конгломерата или так называемого «opus caementitium» на латыни, в состав которого входила смесь извести, песка и воды, смешанных с кусками камня и кирпичами. Эти примеры убедительно демонстрируют античные корни материала, который мы попробуем проанализировать. Чтобы понять, что такое «современный бетон», необходимо обратиться к началу 19-го столетия. Для формирования гранул из клинкера в составе смеси применялся вяжущий материал. Смесь получалась в результате спекания сырьевой смеси, состоявшей из глины и известняка, при температуре до 1500 °С. Смешанный с соответствующими измельченными добавками и перемолотый он получил название портландцемента за сходство с портландским камнем. Бетон, применяющийся в нашу эпоху, представляет собой смесь воды, цемента, заполнителей и, там где это требуется, - добавок (пластификаторов, суперпластификаторов и т. п.). Они изменяют реологию бетонной смеси, свойства и эксплуатационные характеристики бетона. Кажется, что этому материалу нет равных по

долговечности. Он изготавливается из легкодоступных ингредиентов, он сравнительно дешев, прост в применении и т. п. Однако все это верно лишь отчасти. Например, бетон отличается великолепной прочностью на сжатие и очень плохо выдерживает растяжение. По этой причине, чтобы избавиться от этого недостатка, его армируют при помощи стальной арматуры. Однако это влечет за собой другие проблемы, которые будут рассмотрены в дальнейшем. Еще одним фундаментальным ограничением для бетона является его чувствительность к условиям, в которых он замешивается и укладывается, а они могут варьироваться в очень широких пределах, что создает дополнительные проблемы. Существует ряд параметров, которые оказывают влияние на качество продукта. Если не уделять им



фото 2
Пантеон,
Рим-Италия

должного внимания, бетон будет более уязвим.

В последние годы все возрастающая потребность в обслуживании и ремонте зданий предопределила существенное изменение связанных с этим затрат, по сравнению с издержками на строительство новых сооружений. Более того, непрерывный рост затрат на строительство практически всегда приводит к тому, что экономически целесообразными оказываются ремонтные работы, даже когда разрушение здания зашло достаточно далеко. Даже в качественно приготовленном бетоне, который эксплуатируется в агрессивной окружающей среде, рано или поздно могут появиться дефекты, свидетельствующие о его разрушении.

► 2| Разрушение бетона

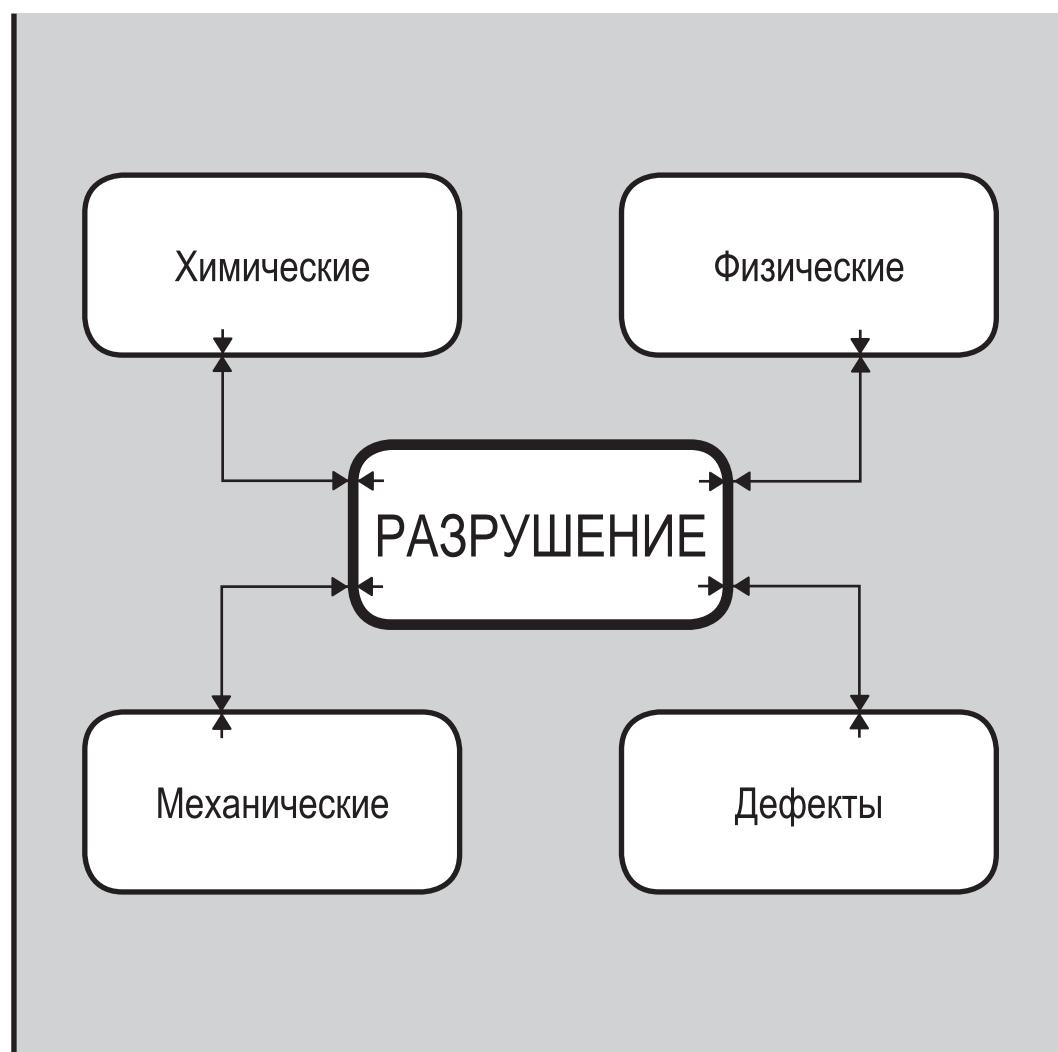
Цель настоящего руководства – прояснить явление разрушения бетона, выявить существенные причинно-следственные связи и предложить решения, которые способны помочь всем, кто сталкивается с трудностями, вызванными разрушением бетона.

A| Причина

B| Проявление

C| Средство

Причины разрушения можно разделить на четыре главных группы:



► 3 | Агрессивное воздействие внешней среды

- 3.1 |** Агрессивное воздействие внешней среды
- 3.2 |** Агрессивное воздействие сульфатов
- 3.3 |** Агрессивное воздействие хлоридов
- 3.4 |** Взаимодействие щелочей цемента с заполнителями бетона

3.1 | Агрессивное воздействие внешней среды

- Агрессивное воздействие двуокиси углерода CO_2 в зависимости от условий окружающей среды может проявляться двояко. В конструкциях, подвергающихся атмосферному влиянию, углекислота вызывает формирование карбоната кальция. В гидравлических сооружениях наблюдается такое явление, как выщелачивание. Ему подвержены вяжущие материалы. Образование карбоната кальция происходит вследствие проникновения в бетон двуокиси углерода. Этот процесс заключается в трансформации извести с образованием карбоната кальция. Процесс протекает в присутствии воды и двуокиси углерода. Его концентрация зависит от окружающих сооружение условий (например, от уровня промышленного загрязнения в районе).

В качественном бетоне уровень pH превышает 13, в этих условиях на стержнях арматуры возникает



фото 3
Пример разрушения,
вызванного внешней средой

пассивирующая пленка оксида железа, изолирующая их от кислорода и влаги. Если в сооружении под действием углекислоты наблюдается образование карбонатов, уровень pH в бетоне снижается до 9, т. е. щелочность среды, окружающей стержни арматуры понижается. Когда уровень pH менее 11, пассивирующая пленка нейтрализуется, и стальная арматура подвергается агрессивному воздействию находящихся в атмосфере кислорода и влаги. В подобных условиях начинается коррозия арматурных

стержней, а объем новообразований может возрастать до 6 раз. Бетон, окружающий арматурные стержни, отслаивается и может полностью отвалиться (см. фото 3). Как только начнется разрушение бетона, разрушение арматурных стержней интенсифицируется, поскольку появляются новые пути доступа для кислорода и влаги. Углекислота проникает внутрь бетона, причем скорость ее проникновения в значительной степени зависит от влажности: она особенно велика, когда двуокись углерода находится в газообразном состоянии, т. е. в порах, заполненных воздухом. В местах сильного скопления влаги она значительно ниже. Таким образом, в порах, полностью заполненных водой, скорость проникновения может быть около нуля. Однако не следует забывать, что для образования карбонатов под действием углекислоты влага абсолютно необходима. На следующем графике изображена зависимость скорости проникновения двуокиси углерода от уровня относительной влажности бетона.

Наиболее опасный уровень влажности между 50 % и 80 %. Вне этого диапазона, т. е. в условиях как

График 1
Скорость карбонизации в зависимости от относительной влажности в процентах.

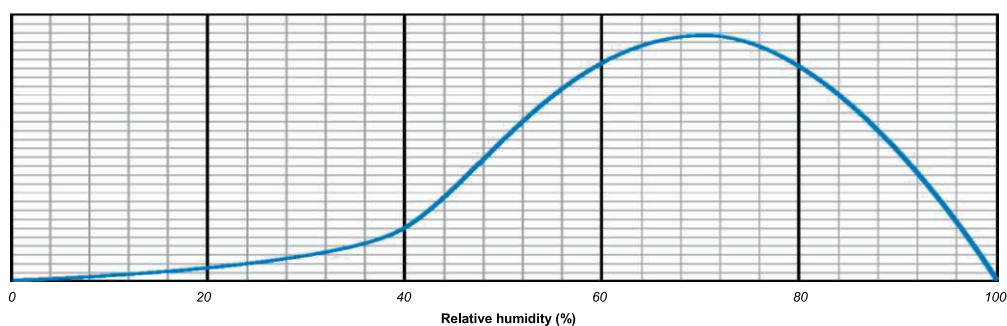


фото 4
Разрушение сооружения вследствие коррозии арматурных стержней



полной сухости, так и полного влагонасыщения, скорость снижается до нуля (см. график 1).

В завершение можно с полным на то основанием утверждать, что по вышеперечисленным причинам карбонизация наносит бетонным сооружениям исключительный вред. Однако это не может стать определяющим фактором для строительства из неармированного бетона.

Если бетонное сооружение выглядит, как показанное на фото 4, можно сформулировать предварительную гипотезу о причинах подобного разрушения. Явление выщелачивания представляет собой удаление цементного камня вследствие механического воздействия воды на бетон, см. фото 5. Процесс усиливается, если вода отличается слабокислой реакцией. Это может быть вызвано содержащейся в ней агрессивной углекислотой, которой особенно много в чистой воде из горных источников, чему способствуют промышленные выбросы, или серной кислотой органического происхождения, которая образуется в сточных водах канализационных систем.



фото 5
Влияние на поверхность бетона
выщелачивания

3.1.1| Диагностика разрушения при карбонизации

Чтобы убедиться, что разрушение вызвано образованием карбонатов, применяется методика, основанная на изменении цвета бетона после обработки его поверхности 1-процентным раствором фенолфталеина в этиловом спирте (стандарт UNI EN 13295:2005). Когда раствор контактирует с не карбонизированным бетоном, он краснеет.

Если бетон карбонизирован, раствор свой цвет не меняет.

Эта методика также позволяет проверять глубину карбонизации бетона под действием углекислоты.

фото 6
Цветной тест при помощи
фенолфталеина



Пример показан на фото 6, где глубина образования карбонатов составляет приблизительно 3 см. Глубина образования карбонатов в армированном бетоне также указывает на степень разрушения. Чтобы устранить дефекты, необходимо удалить пропитанный двуокисью углерода бетон, который окружает арматурные стержни.

3.1.2| Диагностика разрушения при выщелачивании

Чтобы выявить выщелачивание, химический и термический анализ, также как и методика, основанная на дифракции рентгеновских лучей, неприменимы. Вещество, которое получается в процессе разрушения подобного типа, представляет собой отлично растворимый бикарбонат кальция. Вода его вымывает, а на поверхности ничего не видно. Еще одной причиной, по которой вышеперечисленные тесты непригодны, является тот факт, что на первой фазе образования бикарбоната возникает карбонат кальция, который присутствует в большинстве видов бетона, поскольку входит в состав заполнителей и инертных материалов. Поэтому установить, входит ли он в состав этих материалов, или образовался из-за агрессивного воздействия двуокиси углерода, не представляется возможным.

Единственный метод выявления выщелачивания бетона состоит в пристальном визуальном обследовании поверхности. Если разрушение вызвано выщелачиванием, будут видны заполнители без цементного камня бетона

► 3.2| Агрессивное воздействие сульфатов

Наиболее распространенными растворимыми сульфатами, встречающимися в грунте, воде и промышленных стоках являются соли кальция и натрия. Можно также упомянуть и сульфаты магния, но они менее распространены, хотя и наиболее разрушительны. Сульфат-ионы присутствуют в воде и грунте, кроме того, их можно встретить непосредственно в заполнителях, где они рассматриваются в качестве загрязняющих примесей. Сульфаты, находящиеся в грунте или воде, контактируют с сооружением, их ионы проникают вместе с влагой в цементный камень бетона (основной механизм

фото 7/8

Пример сооружения, поврежденного в результате агрессивного воздействия сульфатов

переноса), реагируют с гидроокисью кальция, в результате чего образуется гипс.

Он впоследствии реагирует с гидроалюминатами кальция (С-А-Н), из-за чего формируется вторичный этtringит, что приводит к увеличению объема, расслоению, набуханию, растрескиванию и разрушению (см. фото 7 и 8). В отличие от вторичного этtringита, первичный не вредит бетону, поскольку формируется в результате соединения алюминатов и гипса, добавляемого в цемент в качестве регулятора сроков схватывания. Этот тип этtringита не только безвреден, но и полезен, поскольку создает барьер вокруг алюминатов и замедляет процесс гидратации. Еще одно отличие двух типов этtringита состоит в том, что первичный возникает практически мгновенно и распределен равномерно по всему объему. Эти два фактора, наряду с тем, что бетон все еще находится в пластичной фазе, приводят к небольшим напряжениям расширения, которые не представляют опасности. С другой стороны, вторичный этtringит формируется по истечении довольно длительного срока после укладки бетона, в основном в бетонной корке, и, вследствие жесткости бетона, создает большие напряжения растяжения.

Другой тип воздействия сульфатов наблюдается в присутствии карбоната кальция при небольших температурах (ниже +10 °С) и относительной влажности свыше 95 %.

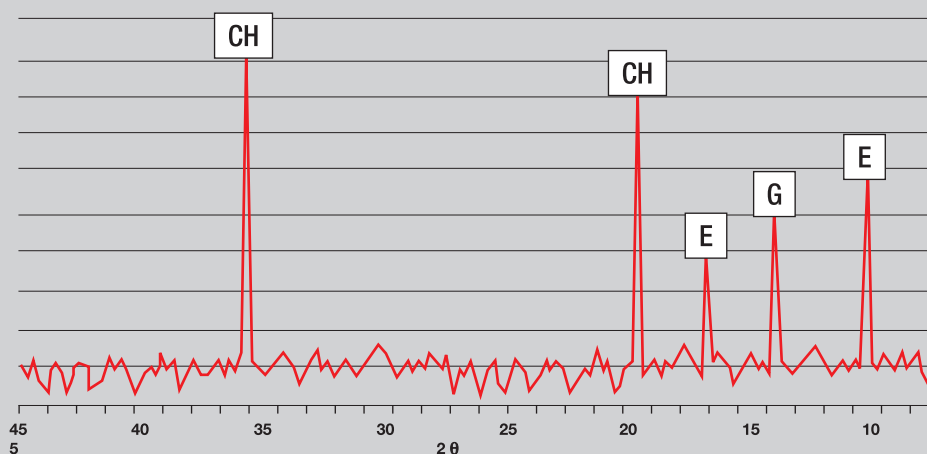
В этих условиях формируется таумасит, который способствует декальцификации и размягчению бетона. Сульфаты могут также поступать изнутри бетона в форме естественных примесей к заполнителям, таких как гипс и ангидрит. Размеры частиц гипса в заполнителях больше, чем у гипса, добавляемого в цемент для ускорения схватывания, и поэтому он в меньшей степени растворим в воде. Это означает, что он в меньшей степени пригоден для формирования первичного этtringита, зато впоследствии, когда бетон становится выдержанным, участвует в образовании вторичного этtringита, что приводит к растрескиванию.

3.2.1| Диагностика разрушения из-за воздействия сульфатов

Чтобы убедиться в том, что разрушение бетона вызвано сульфатами, необходим химический анализ, позволяющий установить уровень их присутствия. В бетоне обычно содержится небольшое количество сульфата кальция, который добавляется в цемент в процессе измельчения и действует, как регулятор сроков схватывания. Нормальное его содержание в бетоне – около 0,4-0,6 %. Метод, позволяющий определить, преобладает ли этtringит или гипс, состоит в получении дифрактограммы в рентгеновском спектре, в которой отображены пиковые величины для этих веществ, см. график, приведенный ниже (фото 9).

После анализа образцов сравниваются полученные для них значения, и если они существенно выше уровня, который считается нормальным (когда различие составляет, по крайней мере, 30 %), можно ожидать разрушения, вызванного воздействием сульфатов. Проводя химический анализ образца, можно определить, насколько содержание этtringита выше уровня, который считается нормальным.

фото 9
Дифракционный анализ
в рентгеновском спектре
(CH: известь; E: этtringит;
G: гипс)



► 3.3| Агрессивное воздействие хлоридов

Воздействие хлоридов (фото 10) наблюдается в условиях контакта со средой, отличающейся высоким их содержанием, такой как морская вода или соли, используемые против обледенения, а также когда при изготовлении бетона используются загрязненные сырьевые материалы. Если хлор проник в бетон и достиг арматурных стержней, он снимает с них пассивирующую пленку оксидов железа, в результате арматура подвергается процессам коррозии. Проникновение начинается с поверхности и продолжается



фото 10
Коррозия в результате
воздействия хлоридов

внутри бетона. Время проникновения зависит от следующих факторов:

- концентрация хлоридов, контактирующих с бетонной поверхностью;
- проницаемость бетона;
- наблюдаемая относительная влажность.

Коррозия протекает при сочетании двух факторов, причем они оба необходимы для этого процесса. Это: хлориды, которые снимают с арматурных стержней пассивирующую пленку оксидов железа, и влага, содержащая кислород. Например, в сооружении, полностью погруженном в морскую воду, содержание хлора будет выше. Однако поры бетона будут полностью насыщены водой, препятствующей проникновению кислорода. Коррозия арматурных стержней может либо вообще не протекать, либо наблюдаться в пренебрежимо малой степени.

Если рассмотреть другое сооружение, погруженное в морскую воду, то участком, который в наибольшей степени подвержен разрушению в результате воздействия хлоридов, является зона оседания брызг. Под действием набегающих волн, а также приливов, происходит попеременное увлажнение-высыхание

бетона. Соли, используемые зимой на дорогах в качестве противобледенительных реагентов, проникают во время таяния и дождей в бетонную конструкцию, вызывая коррозию и разрушение. Как только этот процесс начнется, где бы сооружение не находилось, коррозия будет продолжаться с увеличенной скоростью, поскольку образуются легкодоступные пути для проникновения агрессивных веществ. Концентрация хлоридов, требуемая для поддержания коррозии арматурных стержней, прямо пропорциональна pH бетона. Чем выше щелочность, тем больше концентрация хлоридов, которая требуется для начала процесса коррозии. С учетом этого соображения можно связать разрушение из-за образования карбонатов и разрушение, вызванное хлоридами. При формировании солей угольной кислоты pH бетона снижается, что делает его уязвимым даже в тех частях сооружения, где концентрация хлоридов сравнительно невелика

3.3.1| Диагностика разрушения из-за воздействия хлоридов

В наличии хлоридов можно убедиться при помощи простого лабораторного теста, проводимого в рамках химического анализа. В этом случае нормой для бетона можно считать весовую концентрацию хлоридов в цементе порядка 0,2-0,4 %. Если уровень выше, это означает, что хлориды просочились в бетон и повредили его.

Кроме химического анализа, можно также провести еще два исследования:

- цветовой тест, в котором используется флуоресценция и нитрат серебра (стандарт UNI 7928);
- дифракционный анализ в рентгеновском спектре.

Первый тест предусматривает орошение образца, взятого из сердцевины бетона, раствором флуоресцеина и нитрата серебра. Происходит химическая реакция, и часть бетона, пропитанная хлоридами, окрашивается в светло-розовый цвет, а неповрежденный участок темнеет. Граница окраски указывает на толщину слоя бетона, охваченного разрушением, а также позволяет установить, достигли ли хлориды арматурных стержней.

Второй тест позволяет выявить продукты, образуемые хлоридами внутри бетона. В солях, которые применяются в качестве противобледенительных реагентов, содержатся хлориды натрия и кальция (NaCl и CaCl_2). Хлорид первого типа способствует взаимодействию щелочей цемента с заполнителями бетона, сопровождающимся таким явлением, как вспучивание бетона. Второй тест, который более не находит широкого распространения, вызывает образование хлорокиси, вещества, которое приводит к серьезному разрушению бетона за счет удаления цементного камня, наподобие тому, что наблюдается при выщелачивании.

3.4| Взаимодействие щелочей цемента с заполнителями бетона

Взаимодействие щелочей цемента с заполнителями бетона может приобретать существенные масштабы и приводить к серьезному разрушению бетонных сооружений. Некоторые типы заполнителей, например, содержащие реакционноспособный кремнезем, взаимодействуют с двумя щелочами, которые находятся в цементе, - калия и натрия, или, как говорилось в предыдущем параграфе, солями этих металлов, которые поступают извне в форме хлорида натрия (NaCl) (противообледенительные реагенты; морская вода). В результате реакции образуется гель, который сильно расширяется в присутствии влаги и создает силы, разламывающие бетон вокруг этих соединений. Взаимодействие щелочей цемента с заполнителями бетона представляет собой медленно протекающий гетерогенный процесс, поскольку он связан с составом заполнителей, которые содержат аморфный кремнезем. В результате реакции в подобных условиях образуются силикаты натрия и гидратированный калий, отличающиеся чрезвычайной объемистостью. Реакции взаимодействия щелочей цемента с заполнителями бетона проявляются в защитном слое бетона. При этом на поверхности появляются микро- и макротрещины, или даже начинается подрыв небольших участков бетона над областями, где в заполнителях имеется реакционноспособный кремнезем (явление вспучивания). Этот феномен, в частности, наблюдается на полах промышленных зданий. На фото 11 показано сооружение с серьезным разветвленным растрескиванием. Это характерный пример разрушений, вызванных взаимодействием щелочей цемента с заполнителями бетона. Как только начинается разрушение бетона, ускорить реакцию способна дополнительная влажность. Дополнительный источник риска - циклы заморозания и оттаивания.



фото 11

Разрушение из-за реакции взаимодействия щелочей цемента с заполнителями бетона

3.4.1| Диагностика разрушения из-за взаимодействия щелочей цемента с заполнителями бетона

Выявить признаки взаимодействия щелочей цемента с заполнителями бетона позволяет тщательная визуальная проверка.

Для этого типа разрушения бетона характерно растрескивание, напоминающее паутину, которое носит более или менее упорядоченный характер, в зависимости от наличия арматурных стержней. Кроме того, наряду с трещинами, будет наблюдаться набухание, вызванное увеличением объема. Одним из методов выявления взаимодействия между щелочами цемента и реакционноспособными заполнителями (аморфным кремнеземом) является химический анализ при помощи цветного теста, в котором задействован кобальтинитрит натрия.

Этот тест позволяет выявить гель, возникающий в ходе реакции между щелочами цемента и кремнеземом в заполнителях. Кобальтинитрит натрия реагирует с калием, входящим в состав геля, в результате образуется окрашенный осадок. Таким образом, если имела место реакция, цвет изменится на желтый. Чтобы установить степень реакционной способности заполнителей и, таким образом, предпосылки для подобного явления, можно провести также петрографический анализ в соответствии со стандартом UNI EN 932-3. На фото 12 и 13, соответственно, показан образец сердцевины бетона, взятый из бетонной структуры, и результат анализа с применением кобальтинитрита натрия, призванного выявить реакцию.

фото 12

Образец, взятый из сердцевины бетона, разрушенной структуры

фото 13

Цветной тест при помощи кобальтинитрина натрия



► 4| Агрессивное воздействие физических факторов

4.1| Замерзание и оттаивание

4.2| Высокие температуры

4.3| Усадка и растрескивание

► 4.1| Замерзание и оттаивание

Негативное воздействие льда проявляется только тогда, когда вода в жидкой фазе проникает внутрь бетона. Это вовсе не означает, что бетон должен быть абсолютно сухим, просто уровень влажности не должен превышать определенную величину, называемую «критическим насыщением». Это означает, что количество воды в порах должно быть меньше этой величины. Расширившись при превращении в лед, она должна оставаться в пределах полостей и не создавать напряжения. Однако если вода заполняет или почти заполняет весь объем пор, а затем замерзает, лед начнет ломать бетон, создавая внутреннее давление.



фото 14

Разрушение, вызванное циклами замораживания/оттаивания

фото 15
Разрушение в результате
замерзания



Чтобы ограничить негативные последствия влияния низких температур, необходимо принять меры к сокращению капиллярной микропористости и стимулировать макропористость (чтобы размеры полостей были 100-300 мкм). Для этого при приготовлении бетона используют воздухововлекающие добавки, поддерживают соотношение между водой и цементом на низком уровне, используют морозостойкие заполнители.

Ущерб в результате циклов заморозания и оттаивания наблюдается только при сочетании следующих условий:

- 1) Низкие температуры.
- 2) Отсутствие макропористости.

Масштабы ущерба пропорциональны:

- уровню пористости;
- степени насыщения влагой;
- количеству циклов заморозания-оттаивания;
- объему вовлеченного воздуха (около 4-6 % для фракции заполнителей с диаметром 20-50 мм и до 8 %, если меньше).

► 4.2| Высокие температуры

Влияние на бетон высоких температур носит деструктивный характер. Арматурные стержни выдерживают температуры до 500 °С, а бетон – до 650 °С. Роль бетона, окружающего арматурные стержни в этом случае носит фундаментальный характер, он замедляет распространение тепла. Чем толще бетон, тем дольше протекает разогрев до температуры 500 °С, при которой арматурные стержни теряют прочность.

Огонь способен привести ко многим видам повреждения бетона, причем в очень серьезных масштабах.

- Даже если арматурные стержни защищены бетоном, они, разогреваясь, увеличиваются в объеме, создают в бетоне очаги напряжения, что может привести к частичному его разрушению.
- Арматурные стержни, нагреваясь, расширяются значительно быстрее бетона, при этом теряется сцепление арматуры с бетоном.
- Даже если температура, при которой теряется несущая способность, не достигнута, бетон может утратить свои эксплуатационные качества при внезапном охлаждении, что обычно наблюдается при пожаротушении. В этой ситуации оксид, образующийся при нагреве, трансформируется в известь, которая разрушает бетон.
- На поверхности, обращенной к огню, наблюдается растрескивание, вызванное быстрым расширением. Некоторые заполнители разрываюся и могут отделиться от окружающего бетона. При этом происходит то же явление, что и при быстрой конденсации водяного пара, сопровождающейся небольшими взрывами.
- Если воздействие огня носит длительный характер, арматурные стержни достигают температуры, при которой теряют прочность на растяжение, в результате разрушается все сооружение.

На приведенном ниже эскизе собраны различные фазы разрушения, вызванного огнем.

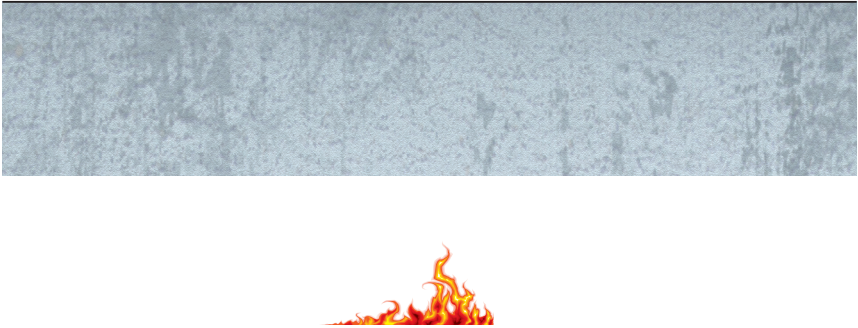
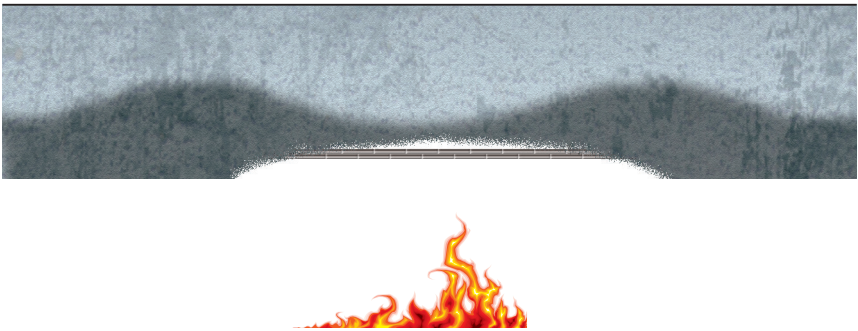
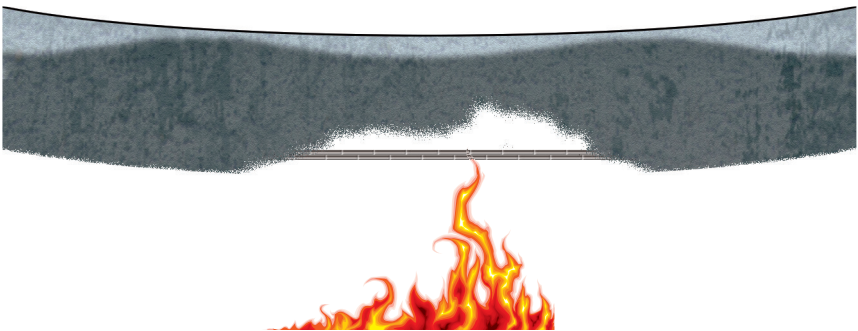
Бетон выдерживает температуры до 650°C.	
В первую очередь разрушается та часть бетона, которая окружает арматуру и играет фундаментальную роль в защите стержней.	
Как только открываются арматурные стержни, тепло начинает распространяться гораздо быстрее.	
Если сооружение подвергается воздействию огня в течение длительного времени, сталь теряет свои характеристики, что приводит к разрушению сооружения.	

Таблица 1

► 4.3| Усадка и растрескивание

В этом разделе обсуждается два типа усадки, - пластическая и гигрометрическая. Пластическая усадка наблюдается, когда бетон находится в пластичной фазе и выделяет часть влаги, содержащейся внутри него, в окружающее пространство, что приводит к сжатию. Растрескивание в этом случае зависит от условий в среде, окружающей уложенный бетон. При укладке бетона в опалубку по очевидным причинам испарение не наблюдается. Если же бетон непосредственно контактирует с окружающей средой, происходит испарение, вызванное сравнительно высокой температурой и очень низкой влажностью снаружи либо сильным ветром. При пластической усадке свежего бетона, на его поверхности могут возникать микротрещины. Гигрометрическая усадка вызвана выделением влаги в окружающую среду с низким уровнем относительной влажности в течение всего срока эксплуатации сооружения. Чтобы избежать проблем, создаваемых пластической усадкой, следует принять меры, чтобы избежать слишком быстрого испарения имеющейся воды. Это можно реализовать несколькими способами:

- 1) Укрыть уложенный бетон водонепроницаемым материалом, который препятствует испарению.
- 2) Орошать всю поверхность бетона водой в течение первых нескольких суток после укладки.
- 3) На свежий бетон нанести материал, создающий защитную пленку, которая препятствует испарению.

Поскольку по большей части гигрометрическая усадка протекает в течение первых шести месяцев после укладки, поддерживать влажность все это время не представляется возможным. В связи с этим прибегают к таким мерам, как снижение водоцементного отношения и увеличение соотношения между инертными материалами и цементом. На фото 16 и 17 изображены примеры растрескивания бетона.



фото 16
Трещина в бетоне



фото 17
Трещина
в бетонной плите

► 5| Агрессивное механическое воздействие

- 5.1| Истирание
- 5.2| Ударное воздействие
- 5.3| Эрозия
- 5.4| Кавитация

► 5.1| Истирание

Истирание наблюдается, когда материал подвергается повторяющимся ударам более твердых частиц. Это вызвано трением между порошком из более твердых пород о поверхность материала. Отсюда следует, что истирание напрямую зависит от характеристик материалов, из которых состоит бетон. Таким образом, стойкость к истиранию можно повысить за счет уменьшения пропорции между водой и цементом или путем разбрызгивания по поверхности бетона смеси цемента с твердыми добавками и заполнителями.

Факторы, которые влияют на стойкость к истиранию:

- прочность на сжатие;
- свойства заполнителей;
- характер окончательной отделки поверхности;
- наличие участков, подвергшихся ремонту;
- состояние поверхности.

К числу сооружений, которые в наибольшей степени подвержены этому явлению, относятся полы промышленных объектов, чье состояние постоянно ухудшается вследствие непрерывного движения транспортных средств.

На фото 18 показан пример эрозии, вызванной течением воды.

фото 18
Пример эрозии



► 5.2| Ударное воздействие

Другой формой разрушения механической природы являются ударные воздействия. В этом случае приходится учитывать множество факторов, поскольку бетон является хрупким материалом, который в результате достаточно интенсивных ударов разрушается, а прочность его снижается. Ущерб, который наносится в результате ударов, визуально проявляется не сразу. В некоторых случаях должно пройти множество циклов подобного воздействия, например, в стыках бетонного покрытия при движении механических транспортных средств. В этой ситуации единственный способ избежать разрушения - изготовить как можно более прочный бетон.



фото 19
Пример разрушения в
стыках

Чтобы повысить ударостойкость, можно прибегнуть к армированию стальными волокнами, что способствует более равномерному распределению энергии ударного воздействия по всей конструкции. На фото 19 и 20 изображены примеры разрушения бетона в результате ударного воздействия.



фото 20
Разрушенный бетон

► 5.3| Эрозия

Эрозия - это частный случай износа, вызываемый ветром, водой или льдом, который сопровождается уносом материала с поверхности. Характер процесса определяется скоростью движения, концентрацией твердых частиц пыли и качеством бетона. В этом случае единственным средством защиты являются специальные меры при изготовлении бетона. Следует воспользоваться теми же рекомендациями, что и при истирании.

► 5.4| Кавитация

Кавитация наблюдается там, где присутствует поток воды (при скорости свыше 12 м/с). Быстрое движение воды и неровная поверхность канала, по которому она протекает, способствуют возникновению турбулентного течения и образованию зон пониженного давления, где формируются вихри, вызывающие эрозию стенок. Воздушные пузырьки, которые образуются в потоке воды ниже по ходу течения, попадая в зоны повышенного давления, лопаются, оказывая сильное ударное воздействие, которое приводит к эрозии. При очень большой скорости течения воды масштабы кавитации могут быть довольно серьезными. Кавитации можно избежать, создавая гладкие поверхности без каких-либо препятствий для течения воды.

► 6| Дефекты

Бетон представляет собой смесь ряда элементов.

Способ его приготовления зависит от конкретных требований, предъявляемых в каждом проекте. Чем они жестче, тем точнее выверяется предполагаемый состав смеси. Основные компоненты - это цемент, заполнители, вода и добавки. Если пропорция, хотя бы одного из этих элементов, подобрана неверно, в бетоне может образоваться одна или несколько слабых точек. Если из-за недостатка опыта или по каким-либо иным причинам смешать в неправильной пропорции самые лучшие материалы, из числа предлагаемых на рынке, результат будет хуже, чем если бы использовались ингредиенты более низкого качества, но в нужных пропорциях. Качество материалов чрезвычайно важно, однако роль, которую играет их правильное соотношение, носит критический характер. На фото 21 показан пример разделения заполнителей из-за неправильной подготовки и/или неверной технологии укладки. Наиболее важным компонентом является цемент, который должен соответствовать характеру применения и классу воздействия (этот аспект будет обсуждаться в следующих разделах). Для этого ингредиента необходимо учитывать ряд обстоятельств. Хотя это вяжущий элемент, и в этом смысле он придает бетону требуемые характеристики, увеличение его количества отнюдь не всегда повышает качество.



фото 21
Разделение заполнителей
в бетоне

Несложно понять, что чем выше содержание цемента в смеси, тем сильнее усадка после укладки. Заполнители должны иметь подходящий гранулометрический состав. Необходимо в достаточной мере соблюдать дозировку мелкой и крупной фракции. Важную роль играет их чистота, поскольку посторонние примеси и инородные материалы ухудшают характеристики, иногда вызывая разрушение, о чем уже шла речь выше. При проектировании состава необходимо четко представлять окончательные характеристики бетона. При смешении различных элементов фундаментальную роль играет не только пропорции между заполнителями и цементом, но и водоцементное отношение. Чем ниже первый показатель, при том же качестве смешиваемых компонентов, тем лучше результаты. Во втором случае пропорция должна быть достаточно хорошо сбалансирована с учетом гранулометрического состава заполнителей.

На фото 22, кроме очевидного разделения заполнителей, можно также заметить обнажившиеся арматурные стержни - симптом неверной технологии укладки. Если арматурные стержни недостаточно защищены



фото 22
Открытые арматурные стержни
в бетоне

бетоном, это способствует проникновению различных реагентов, которые вызывают разрушение.

В общем, дефекты бетона можно разделить на три основные категории:

- дефекты, вызванные неправильным подбором параметров смеси;
- дефекты, вызванные неподходящими составляющими;
- дефекты, вызванные плохим качеством укладки.

► 7| Классы воздействия

Избежать разрушения бетона можно, предприняв определенные меры на стадии проектирования с тщательным учетом характера окружающей среды в месте его укладки. В стандартах UNI 11104:2004 («Бетон - технические условия, рабочие характеристики, производство и соответствие требованиям. Дополнительные инструкции по применению стандарта EN 206-1») выделены 6 классов воздействия. Для каждого из них приведены инструкции по проектированию, подготовке и укладке бетона.

Класс воздействия	Окружающая среда	Сооружение	Подклассы
X0	Угроза коррозии или агрессивного воздействия отсутствует	Армированный или неармированный бетон	X0
XC	Коррозия, вызываемая карбонизацией	Армированный бетон	XC1, XC2, XC3 и XC4
XD	Коррозия, вызываемая хлоридами, не содержащимися в морской воде	Армированный бетон	XD1, XD2 и XD3
XS	Коррозия, вызываемая хлоридами, содержащимися в морской воде	Армированный бетон	XS1, XS2 и XS3
XF	Агрессивное воздействие при циклическом замерзании и оттаивании в сочетании с применением солей противогололедных реагентов или без них	Армированный или неармированный бетон	XF1, XF2, XF3 и XF4
XA	Химическое воздействие	Армированный или неармированный бетон	XA1, XA2 и XA3

Таблица 2
6 классов
воздействия в соответствии
со стандартами UNI 11104

Все классы и подклассы определяются и описываются в стандартах UNI 11104 следующим образом.

КЛАСС X0: Для бетона без арматуры или металлических вставок: все условия за исключением циклического замерзания и оттаивания, а также химического воздействия.

Армированный бетон или бетон с металлическими вставками: в очень сухой среде.

КЛАСС XC: Коррозия, вызываемая карбонизацией.

XC1: Сухая или постоянно влажная среда.

XC2: Влажная, изредка сухая среда.

XC3: Умеренная влажность.

XC4: Циклическое увлажнение и высыхание.

КЛАСС XD: Коррозия, вызываемая хлоридами, не содержащимися в морской воде.

XD1: Умеренная влажность.

XD2: Влажная, изредка сухая среда.

XD3: Циклическое увлажнение и высыхание.

КЛАСС XS: Коррозия, вызываемая хлоридами, содержащимися в морской воде.

XS1: Воздействие солей морской воды без непосредственного контакта с ней.

XS2: Постоянно погруженное состояние.

XS3: Зоны, подверженные воздействию брызг и приливов.

КЛАСС XF: Агрессивное воздействие при циклическом замерзании и оттаивании в сочетании с применением солей противобледенительных реагентов или без него.

XF1: Умеренное насыщение водой без противобледенительных реагентов.

XF2: Умеренное насыщение водой с противобледенительными реагентами.

XF3: Высокая степень насыщения водой без противобледенительных реагентов.

XF4: Высокая степень насыщения водой с противобледенительными реагентами или морской водой.

КЛАСС ХА: Химическое воздействие при контакте с грунтовыми водами или потоками воды.

ХА1: Среда с низким уровнем химического воздействия.

ХА2: Среда с умеренным уровнем химического воздействия.

ХА3: Среда с высоким уровнем химического воздействия.

В тех случаях, когда в существующей среде наблюдаются воздействия различных классов, теоретически, для каждого из них следует готовить свой тип бетона. Однако с практической точки зрения, это решение нецелесообразно. Поэтому в подобных условиях следует готовить бетон, рассчитанный на наихудший вариант воздействия.

В табл. 3 приведена сводка рецептур приготовления бетона, отвечающих классам воздействия согласно стандартам UNI 11104.

Класс	Подкласс	Макс. водоцементное отношение	Мин. Прочность на сжатие (R _{ck}) (МПа)	Мин. содержание цемента (кг/м ³)	Толщина защитного слоя	
					армир. бетон (мм)	сборный железобетон (мм)
X0		Предела нет	Предела нет	Предела нет	15	20
XC	XC1	0,65	25	300	15	25
	XC2	0,60	30	300	25	35
	XC3	0,55	37	320	25	35
	XC4	0,50	37	340	30	40
XD	XD1	0,55	37	320	45	55
	XD2	0,55	37	340	45	55
	XD3	0,45	45	360	45	55
XS	XS1	0,50	37	340	45	55
	XS2	0,45	45	360	45	55
	XS3	0,45	45	360	45	55
XF	XF1	0,55	37	320	30	40
	XF2	0,55	30	340	45	55
	XF3	0,50	37	340	30	40
	XF4	0,45	30	360	45	55
XA	XA1	0,55	37	320	25	35
	XA2	0,50	37	340	25	35
	XA3	0,45	45	360	25	35

Таблица 3
Инструкции
по приготовлению
бетона согласно
стандартам UNI 11104

Толщина бетона вокруг арматуры регламентируется документом EUROCODE 2.

► 8| Ремонт бетонных конструкций

Независимо от причины разрушения бетона, ремонтные операции можно разделить на две основные категории - исправление поверхности и ремонт несущих конструкций. К ремонту поверхности относятся операции, затрагивающие защитный слой арматуры. Ремонт несущих конструкций, в противоположность этому, охватывает бетон на большую глубину, включая и арматуру.

фото 23 А
Бетонное сооружение
до ремонта

фото 23 В
Отремонтированное
бетонное сооружение



В результате добавочного армирования во время подобного ремонта может возрасти толщина и размеры поперечного сечения. Отремонтировать разрушенный бетон можно практически всегда. Существует множество технологий ремонта, в которых используются разнообразные материалы, каждая из них пригодна для решения какой-либо одной или нескольких проблем. Чтобы провести ремонт как положено, следует тщательно проанализировать состояние конструкции и учесть все параметры, которые оказывают на него влияние. Правильный подход к ремонтным работам предполагает разделение на несколько этапов:

- 1) Подробная, глубокая диагностика причин разрушения, выявление характера внешнего воздействия, определение глубины проникновения агрессивных веществ и фактических характеристик бетона.
- 2) Подбор подходящих для ремонтных операций материалов, отвечающих классу воздействия.
- 3) Определение технологии ремонта, оценка условий его проведения.



фото 24 А
Бетонное сооружение до ремонта



фото 24 В
Отремонтированное бетонное
сооружение

Фундаментальная операция, обеспечивающая долговечность отремонтированного сооружения, состоит в разборке разрушенной части. Эта работа может проводиться с использованием различных методов и технологий, учитывающих специфику ситуации:

- вручную, например, с помощью молотка и зубила, если объемы работ невелики;
- с применением механизмов, например, пневмомолота или дробилки, если работы охватывают большие площади;
- гидроскарификация, когда объемы подлежащих выполнению работ велики, а основа находится в отличном состоянии.

Независимо от технологии, используемой для разборки, на основании необходимо создать насечку с высотой кромок, по крайней мере, 5 мм. Это обеспечит хорошее сцепление основания с ремонтным материалом. На фото 23 и 24 изображены два различных сооружения до и после ремонта.

9| Европейские стандарты UNI EN 1504

Ремонт бетонного сооружения с проявлениями разрушений, возникших по одной из вышеописанных причин, может проводить только квалифицированный и обладающий требуемыми навыками персонал. Кроме выполнения квалификационных требований, необходимо также придерживаться предписанных стандартных процедур и соблюдать дисциплину.

Стандарты UNI EN 1504 «Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных сооружений. Определения, технические требования, контроль качества и оценка соответствия», регламентируют характеристики используемых при ремонте материалов, технологию операций и способы защиты бетонных конструкций.

Документ включает в себя ряд норм и стандартов, пронумерованных от 1 до 10, которые учитывают различные аспекты работы.

UNI	EN	1504-1:2005:	Определения
UNI	EN	1504-2:2005:	Системы поверхностной защиты бетона
UNI	EN	1504-3:2006:	Конструкционный и неконструкционный ремонт
UNI	EN	1504-4:2005:	Конструкционное усиление
UNI	EN	1504-5:2005:	Инъектирование в бетон
UNI	EN	1504-6:2007:	Анкеровка стальной арматуры
UNI	EN	1504-7:2007:	Защита арматуры от коррозии
UNI	EN	1504-8:2005:	Контроль качества и оценка соответствия
UNI	EN	1504-9:1999:	Общие принципы применения материалов и систем
UNI	EN	1504-10:2005:	Использование материалов и систем на строительной площадке, контроль качества проделанной работы

Назначение этих стандартов - предоставление действенного инструмента для оптимизации ремонтных работ. Их применение также позволяет избавиться от упрощенного подхода, а также заблуждений, что удаление разрушенного материала и замена его строительным раствором любого типа является решением проблемы. В частности, стандарт EN 1504-3 определяет систему классификации для готовых строительных растворов, используемых при ремонте бетонных сооружений, задает реквизиты для их идентификации, регламентирует характеристики (в т. ч. долговечность), включая безопасность материалов и систем, используемых при ремонте несущих и ограждающих бетонных конструкций.

10| Продукция компании MAPEI

Защита стальной арматуры.

MAPEFER: двухкомпонентный антикоррозионный цементный состав для защиты арматурных стержней.

MAPEFER 1K: однокомпонентный антикоррозионный цементный состав для защиты арматурных стержней. Отвечает стандарту UNI EN 1504-7.

Ремонт бетонных конструкций при помощи строительного раствора с компенсированной усадкой.

MAPEGROUT THIXOTROPIC: армированный полимерной фиброй тиксотропный ремонтный раствор с компенсированной усадкой для ремонта бетонных конструкций. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

MAPEGROUT T40: тиксотропный ремонтный раствор средней прочности (40 МПа) для ремонта бетонных конструкций. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R3.

MAPEGROUT T60: армированный полимерной фиброй, стойкий к воздействию сульфатов, тиксотропный ремонтный раствор для ремонта бетонных конструкций. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

MAPEGROUT FMR: двухкомпонентный, стойкий к воздействию сульфатов, тиксотропный ремонтный раствор с компенсированной усадкой, армированный гибкой металлической фиброй. Предназначен для ремонта бетонных конструкций, если требуется повышенная прочность на изгиб. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

FIBRES FF: защищенные от коррозии гибкие волокна из аморфного сплава железа и хрома, добавляемые в смесь MAPEGROUT FMR.

MAPEGROUT EASY FLOW: однокомпонентный, дисперсно-армированный, стойкий к воздействию сульфатов, тиксотропный ремонтный раствор с компенсированной усадкой для ремонта машинным способом. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

MAPEGROUT EASY FLOW GF: однокомпонентный, стойкий к воздействию сульфатов, тиксотропный, дисперсно-армированный неорганическим волокном ремонтный раствор с компенсированной усадкой, предназначенный для ремонта бетонных конструкций, если требуется повышенная пластичность. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

MAPEGROUT BM: двухкомпонентный, на цементной основе ремонтный раствор с низким модулем упругости для ремонта бетонных конструкций. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

MAPEGROUT RAPID: дисперсно-армированный, быстротвердеющий ремонтный раствор с компенсированной усадкой для ремонта бетонных конструкций. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R3.

PLANITOP 400: быстротвердеющий ремонтный раствор с компенсированной усадкой для ремонта бетонных поверхностей. Наносится в один слой толщиной от 1 до 40 мм. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R3.

MAPEGROUT 430: мелкозернистый, тиксотропный, дисперсно-армированный ремонтный раствор средней прочности (свыше 30 МПа) с компенсированной усадкой для ремонта бетонных конструкций. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R3.

MAPEGROUT HI-FLOW: армированный полимерной фиброй ремонтный раствор высокой подвижности с компенсированной усадкой для ремонта бетонных конструкций. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

MAPEGROUT HI-FLOW TI 20: дисперсно-армированный, ремонтный раствор на цементной основе высокой степени подвижности с компенсированной усадкой. Используется в сочетании с жесткими

стальными волокнами для ремонта бетонных конструкций. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

FIBRES R60: жесткая фибра из оцинкованной стали, добавляется в смесь MAPEGROUT HI-FLOW TI 20.

MAPEGROUT SV: высокоподвижный быстротвердеющий ремонтный раствор с компенсированной усадкой для ремонта бетонных конструкций и крепления труб, люков и декоративных объектов. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

MAPEGROUT SV T: быстротвердеющий, тиксотропный ремонтный раствор с компенсированной усадкой для ремонта бетонных конструкций и крепления труб, люков и декоративных объектов. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

MAPEGROUT SV FIBER: быстротвердеющий, ремонтный раствор на цементной основе высокой степени подвижности с компенсированной усадкой. Укладывается при температурах до -5 °С. Применяется для ремонта бетонных конструкций в сочетании с жесткой стальной фиброй. В соответствии со стандартом UNI EN 1504-3 относится к классу R4.

FIBRES R38: жесткая фибра из латунированной стали, добавляется в смесь MAPEGROUT SV FIBER 20.

Ремонт бетонных конструкций цементными вяжущими материалами.

STABILCEM: расширяющийся, сверхтекучий цементный вяжущий материал для инъекций в бетон, приготовления строительного раствора и бетона.

STABILCEM SCC: цементный вяжущий материал для приготовления не требующих уплотнения, безусадочных растворов и бетонов для ремонта бетонных сооружений.

STABILCEM SP: цементный вяжущий материал, с небольшой степенью расширения для приготовления бетона при ремонте бетонных сооружений.

Выравнивание и отделка бетонных и оштукатуренных поверхностей.

PLANITOP 100: быстротвердеющий, светло-серый мелкодисперсный ремонтный раствор для ремонта и выравнивания бетонных и оштукатуренных поверхностей.

PLANITOP 200: однокомпонентный цементный ремонтный раствор для выравнивания старой цементной штукатурки и пластичных покрытий.

MONOFINISH: однокомпонентный цементный ремонтный раствор для выравнивания бетонных поверхностей.

MAPEFINISH: двухкомпонентный цементный ремонтный раствор для окончательной отделки бетонных поверхностей.

MAPELASTIC: двухкомпонентный эластичный цементный раствор для защиты и гидроизоляции бетонных поверхностей, балконов и плавательных бассейнов.

MAPELASTIC SMART: двухкомпонентный сверхэластичный цементный раствор, наносимый кистью или валиком для гидроизоляции бетонных поверхностей, таких как фундаменты, подпорные стенки, балконы, террасы, ванные комнаты и плавательные бассейны. Также применяется для защиты от проникновения агрессивных веществ.

Защита и декоративная отделка бетонных и оштукатуренных поверхностей

MALECH: акриловая микродисперсная грунтовка в виде водной дисперсии.

ELASTOCOLOR PRIMER: глубоко проникающая грунтовка на основе растворителя для поглощающих поверхностей. Применяется также, как состав для ухода за ремонтным строительным раствором.

ELASTOCOLOR PAINT: эластичная акриловая синтетическая краска в виде водной дисперсии, предназначенная для окрашивания и вторичной защиты бетонных поверхностей.

MAPECOAT E23: двухкомпонентная эпоксидная грунтовка для защиты бетонных поверхностей перед нанесением полиуретановых отделочных материалов.

MAPECOAT PU33: двухкомпонентное эластичное полиуретановое покрытие.

Материалы компании Mapei для выравнивания и отделки бетонных конструкций.

	Материал	Planitop 100	Planitop 200	Monofinish	Mapefinish	Mapelastc	Mapelastc Smart
Тип	Нормально твердеющие растворы		•	•	•	•	•
	Быстро твердеющие растворы	•					
Способ нанесения	Кельма / плоский шпатель	•	•	•	•	•	
	Валик / кисть						•
Назначение	Естественный выравнивающий слой при окончательной отделке	•	•	•	•		
	Окончательная отделка эластичным материалом					•	•
	Выравнивание поверхностных дефектов	•	•	•	•		
	Локальный ремонт						
	Стойкость к истиранию				•		
	Защита от агрессивных агентов			•	•	•	•
	Подходит укладки керамики		•			•	•

Материалы компании Мареі для ремонта бетонных конструкций.

		Тиксотропные ремонтные растворы с нормальным временем схватывания							
		Mapegrout Thixotropic	Mapegrout T40	Mapegrout T60	Mapegrout FMR + Fibres FF	Mapegrout Easy Flow	Mapegrout Easy Flow GF	Mapegrout BM	Planitop 430
Тип ремонта	Ремонт защитного слоя бетона	*	*	*	*	*	*	*	*
	Ремонт несущих конструкций	*	*	*	*	*	*	*	
Классификация согласно стандарту UNIEN 1504-3		R4	R3	R4	R4	R4	R4	R4	R3
Способ нанесения	Кельма / плоский шпатель	*	*	*	*	*	*	*	*
	Штукатурная машина непрерывного смешивания								*
	Штукатурная машина с агрегатом предварительного смешивания		*	*	*	*	*	*	*
	Путем заливки								
Гражданские объекты	Ремонт углов балок и колонн	*	*	*				*	*
	Ремонт кромок балконов	*	*	*				*	*
	Ремонт потолков	*	*	*				*	*
	Ремонт водостоков	*	*	*				*	*
	Ремонт парапетов	*	*	*				*	*
Промышленные сооружения	Фиксация колонн по месту	*	*	*				*	
	Ремонт буферных панелей							*	
	Ремонт полов							*	
	Ремонт балок и колонн	*	*	*				*	
	Фиксация оборудования по месту								
Объекты инфраструктуры	Мосты и виадуки	Ремонт свай		*	*	*	*	*	*
		Ремонт балок		*	*	*	*	*	*
		Ремонт поверхностей внутренних плит перекрытия		*	*	*	*	*	*
		Ремонт поверхностей наружных плит перекрытия		*	*	*	*	*	*
		Ремонт бетонных подушек		*	*	*	*	*	*
		Ремонт несущих элементов железобетонных конструкций		*	*	*	*	*	*
		Ремонт бордюров			*	*	*	*	*
		Ремонт швов в покрытии автомагистралей							*
	Гидросооружения	Ремонт стен			*	*	*	*	*
		Ремонт плотин			*	*	*	*	*
		Ремонт швов			*	*	*	*	*
		Ремонт напорных граней			*	*	*	*	*
		Ремонт низовых граней			*	*	*	*	*
		Ремонт паводочных водосбросов			*	*	*	*	*
Обслуживание автодорог	Крепление по месту поверочных колодцев, люков и декоративных объектов градостроительной инфраструктуры								

Быстротвердеющие миксотропные ремонтные составы			Ремонтные растворы высокой подвижности с нормальным временем схватывания		Быстротвердеющие ремонтные растворы высокой подвижности		Цементные вяжущие материалы		
Mapegrout Rapid	Planitop 400	Mapegrout SV T	Mapegrout Hi-Flow	Mapegrout Hi-Flow TI 20 + Fibres R60	Mapegrout SV	Mapegrout SV Fiber + Fibres R38	Stabilcem	Stabilcem SCC	Stabilcem SP
*	*	*	*	*		*	*	*	*
*			*	*		*	*	*	*
R3	R3	R4	R4	R4	R4	R4	/	/	/
*	*	*							
*	*		*	*	*	*	*	*	*
*	*								
			*	*	*				
*	*								
		*			*				
			*	*			*		
			*	*	*	*			
							*	*	*
							*	*	*
							*	*	*
			*	*	*	*	*	*	*
			*	*	*	*	*	*	*
			*	*	*	*			
		*	*	*	*	*			
		*	*	*	*	*	*		
		*	*	*	*	*			
		*	*	*	*	*			

[illegible]

[illegible]