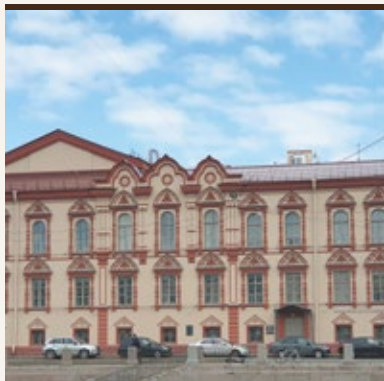


РЕСТАВРАЦИОННЫЙ ВЕСТНИК

remmershistoric



Научный подход к технологиям реставрации



**КАМНЕУКРЕПЛЕНИЕ
КЛАДКИ ИЗ
НАТУРАЛЬНОГО КАМНЯ**



ВЫПУСК 1

Январь 2023





Автор:

Сергей Юрьевич Шибает,
технический директор ООО «РЕММЕРС»

Эффективное камнеукрепление кладки из натурального камня

Максимально возможное сохранение исторического камня или кирпича составляет основу подхода к реставрации кладки на объектах культурного наследия. Вычинку камня применяют только при глубоких и объемных повреждениях. В случае деструкции только в поверхностной зоне кладки замену камня не производят, а восстанавливают профиль камня и кладочных швов с использованием специальных реставрационных и шовных растворов. При этом следует учитывать, что, как правило, структура исторического камня в поверхностной зоне ослаблена. Это ослабление связано с потерей

прочности за счет расширения исходного порового пространства. Степень потери прочности зависит как от внешних нагрузок (интенсивности климатических и атмосферных воздействий), так и от свойств самого камня (порода, плотность, впитывающая способность) и может варьироваться от простого поверхностного снижения прочности или разрыхления структуры в приповерхностной зоне до гораздо более серьезных случаев с образованием внутренних ослабленных слоев или поверхностных корок (в результате химических изменений на поверхности камня, например, за счет воздействия промышленных загрязнений воздуха) (рис. 1).

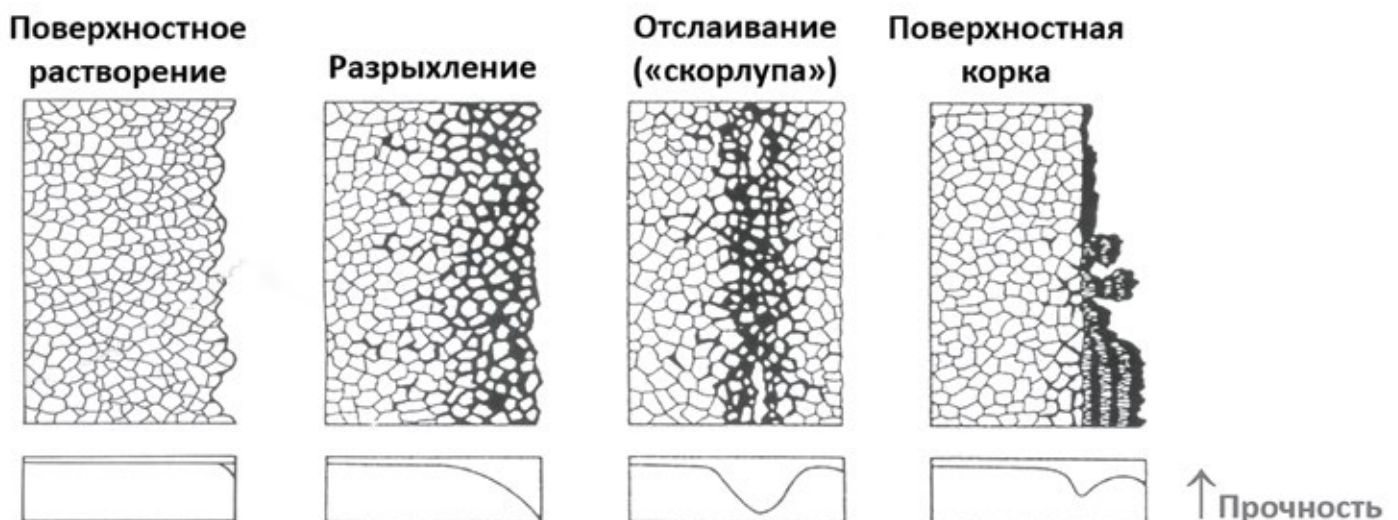
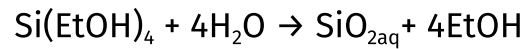


Рис. 1. Типичные профили выветривания (Источник: W.-D. GRIMM, „Naturwerksteine und Denkmalgesteine“, 1992)

В рамках мероприятий по консервации или реставрации кладки из природного камня требуется проведение предварительного укрепления ее структуры за счет направленного заполнения порового пространства, образовавшегося в результате процессов выветривания. Главной задачей при этом является достижение прочностных параметров камня, близких к изначальной. Полученный профиль прочности должен быть максимально плавным, без «резких перепадов» и образования внутренних ослабленных или переукрепленных зон (рис. 2). В противном случае существует опасность в дальнейшем получить когезионный разрыв в структуре камня. Важно отметить, что другие параметры камня (помимо прочности), такие как паропроницаемость, цвет и пр. не должны быть изменены в процессе работ по камнеукреплению.

Требуемый эффект достигается за счет корректного подбора системы камнеукрепителей. В основе подбора лежат данные, полученные в рамках комплексных инженерно-технических исследований, в частности, полученной информации о породе камня, его водопоглощении и распределению прочности по сечению. Для укрепления структуры используются составы на основе сложного эфира кремневой кислоты. В основе эффекта таких камнеукрепителей лежит химическая реакция эфира кремниевой кислоты ($\text{Si}(\text{EtOH})_4$) с водой

(H_2O) до образования силикагеля ($\text{SiO}_{2\text{aq}}$), который и обеспечивает укрепляющее действие. Реакция протекает по формуле:



В качестве побочного продукта реакции выделяется этанол, создающий легкий запах этилового спирта, безопасный для здоровья производителя работ.

Для подбора оптимальной системы компания Remmers предоставляет целый ассортиментный ряд камнеукрепителей под маркой KSE, имеющих молекулы эфира кремневой кислоты различной величины (как мономерные, так и олигомерные). Комбинирование молекул разного размера в готовом продукте позволяет широко варьировать его свойства, в частности, так называемую «долю осаждения геля» (количество силикагеля, образующегося в пористой структуре обрабатываемого камня).

Кроме изменения доли осаждения геля, есть возможность регулировать глубину проникновения состава и скорость реакции за счет изменения вида и количества катализатора, а также использования специальных органических растворителей. Для достижения требуемого профиля прочности в сечении камня необходима система различных типов укрепителей.

Камнеукрепители Remmers KSE включают составы,

Пример изменения профиля прочности

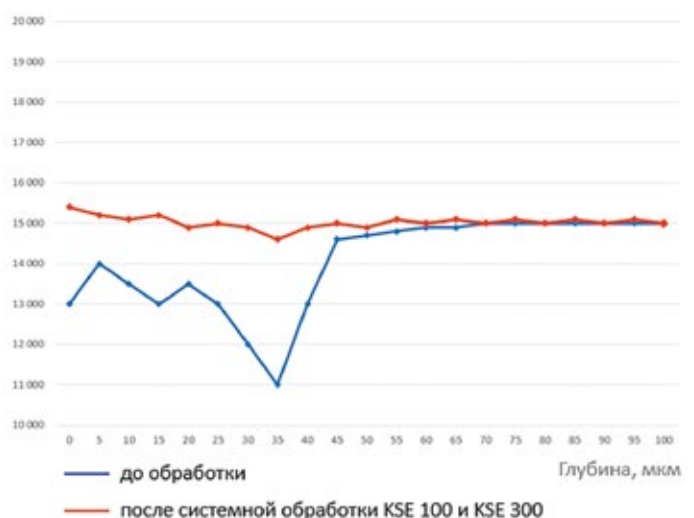
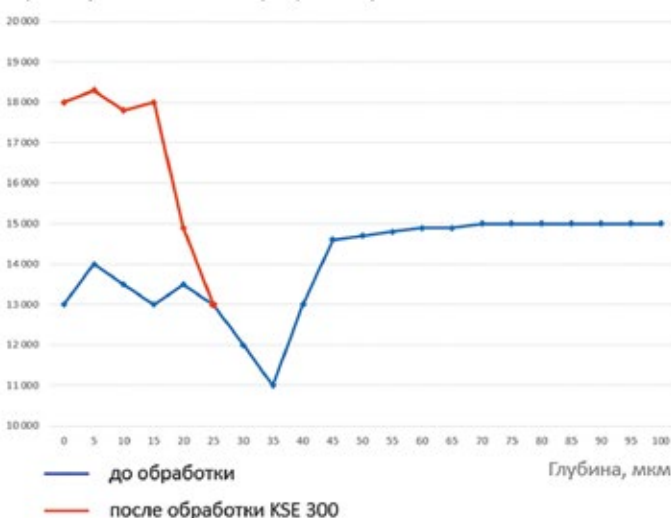


Рис. 2. Примеры изменения профиля прочности в зависимости от выбранной системы камнеукрепителей

которые различаются по следующим критериям:

- по «содержанию вяжущего» – т.н. доле осаждения геля
- по структуре геля – с содержанием или без содержания эластифицирующих структурных веществ
- по механизму адгезии к основанию.

Из разных комбинаций этих параметров появилась линейка камнеукрепителей, которая дает широкие возможности выбора и адаптации составов для основания, нуждающегося в укреплении (см. Таблицу 1).

Все камнеукрепители на основе эфира кремниевой кислоты обладают важным характерным свойством,

Таблица 1. Камнеукрепители серии Remmers KSE

Продукт Remmers	Свойства
KSE 100	- доля осаждения геля: ~ 10 % - содержит специальный растворитель
KSE 300	- доля осаждения геля: ~ 30 % - не содержит растворитель
KSE 300 E	- доля осаждения геля: ~ 30 % - не содержит растворитель - содержит эластифицирующие компоненты
KSE 510	- доля осаждения геля: ~ 42 % - не содержит растворитель
KSE 300 HV	- доля осаждения геля: ~ 30 % - не содержит растворитель - содержит усилители адгезии для карбонатных пород камня

отличающим их от других укрепляющих составов: образующийся силикагель обладает собственной пористостью. Эта так называемая вторичная пористость обеспечивает сохранение капиллярной активности и паропроницаемости укрепленного материала.

Таким образом, процесс восстановления прочности природного камня для обеспечения его долговечности требует научно обоснованного подбора «правильных» составов и тщательного проведения мероприятий по камнеукреплению.

Разработка и производство камнеукрепляющих составов с требуемым размером молекул, обеспечивающим нужную глубину и степень укрепления, требует длительных научных разработок и сложного производственного процесса. Да и сам процесс укрепления натурального камня на объектах культурного наследия требует тщательного предварительного обследования и не менее ответственного процесса производства работ. Не рекомендуется использовать непроверенные

составы, которые в последнее время предлагаются на рынке строительной химии в качестве камнеукрепителей для ОКН. Как правило, это составы на основе жидкого калиевого стекла, что более характерно для грунтовочного состава. При этом поставщиком предлагается один продукт для всех случаев применения без возможности регулирования глубины и степени камнеукрепления, в том числе и для кладки из камня карбонатных пород.

Следует учитывать, что необоснованное применение каких-либо составов на исторических, ослабленных основаниях приводит к переукреплению камня. В результате образуется поверхностная «корка», которая в дальнейшем приводит к отслоениям, особенно на фоне снижения параметров паропроницаемости и водопоглощения кладки.

Первичная проверка эффективности камнеукрепителей в построечных условиях возможна достаточно простым методом. На фото 1 показаны образцы камнеукрепителей, которые были взяты для сравнения. В качестве одного из образцов был

взяты достаточно часто встречающийся на объектах материал стороннего производителя.

Для испытания было взято по 100 грамм каждого состава. Это дает возможность сразу оценить разность составов по плотности. Кроме этого, заметна разность цветовых оттенков составов, что может повлиять на оттенок камня светлых тонов.

Фото 2 сделано через 2 недели. Для составов KSE (образцы 2 и 3) четко виден процесс образования силикагеля. Образец под номером 1 потерял часть объема, но процесса образования силикагеля не наблюдается.

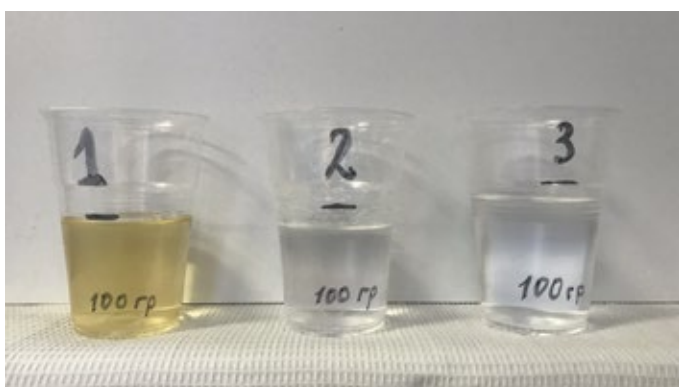


Фото 1. Образец 1 - состав стороннего производителя, Образец 2 - KSE 300, Образец 3 - KSE 100.

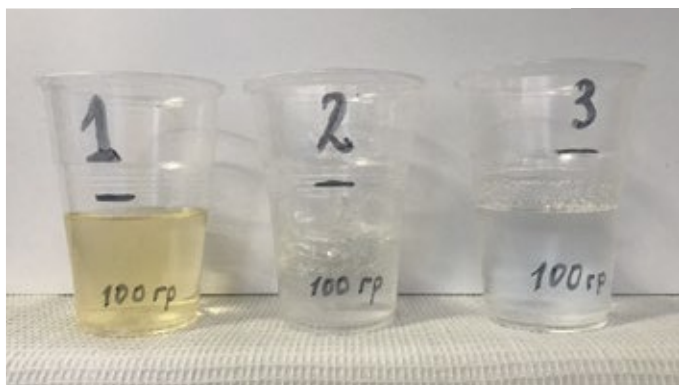


Фото 2. Образцы через 2 недели

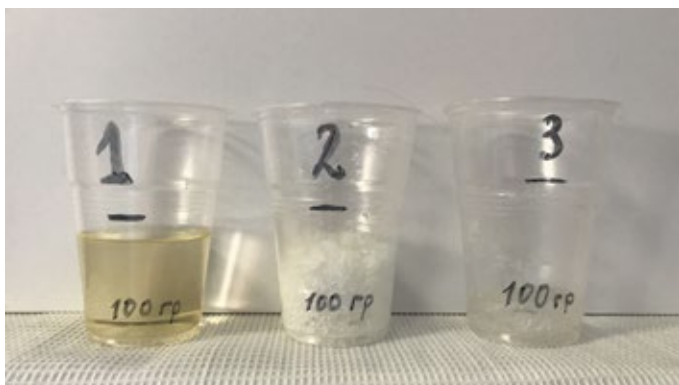


Фото 3. Образцы через 4 недели

Через 4 недели процесс образования силикагеля в образцах 2 и 3 закончился. Разница в объеме полученного силикагеля четка видна, и если взвесить, то получим требуемые 30% и 10%. Образец 1 остался в жидком состоянии и перестал терять объем. Дальнейшее выдерживание образца 1 в течение 6 месяцев не показало принципиальных изменений. Кроме этого, кварцевый песок, пропитанный данным составом, также остался в мокром состоянии.

Безусловно, реставрация ОКН по-прежнему является сложным и наукоемким процессом. И материалы для реставрации должны соответствовать поставленным задачам. К сожалению, так бывает далеко не всегда. Материал, не соответствующий задаче, ни в коем случае не может быть допущен для применения на объекте. Последствия такого применения могут быть очень негативные, а восстановление после этого окажется невозможным или очень дорогостоящим. И часто недостаточным является наличие описания на этикетке или в технической информации. Материал обязательно должен быть проверен в действии.

Таким образом, эффективность и долговечность мероприятий по реставрации каменной или кирпичной кладки во многом зависит от качественно разработанных проектных решений с научно-обоснованным применением подобранных и проверенных составов на каждого этапа производства работ.



ООО «PEMMEPC»
www.remmers.ru

ArtNo.:3933103325 SerialNo.:1111111111 V2023.1

