

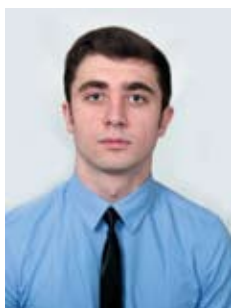
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОГО ШТУКАТУРНОГО РАСТВОРА ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ДЛЯ КЛАДКИ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

В.А. ПАРУТА, канд. техн. наук, доцент, Д.В. ГУСАК, студент, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (ОГАСА), Украина

Авторы анализируют факторы, влияющие на повышение трещиностойкости штукатурного покрытия, на его совместную работу с газобетонной кладкой, что позволяет увеличить долговечность стеновой конструкции, межремонтный период и снизить эксплуатационные затраты и затраты на текущие и капитальные ремонты.

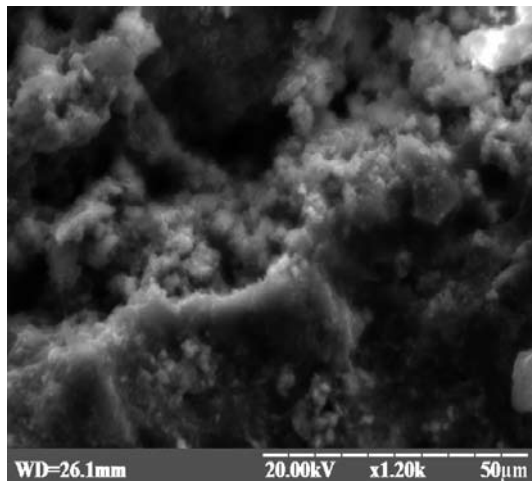


Парута Валентин
Анатольевич

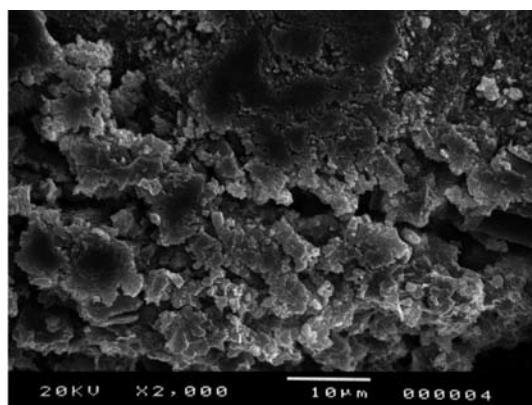


Гусак Денис Витальевич

Структура штукатурного покрытия, его контактной зоны с кладкой зависит от состава растворной смеси и условий твердения. Для структуры известково-цементно-песчаного штукатурного раствора характерно значительное количество микро- и макродефектов: пор, трещин, полостей (рис. 1). Они образуются

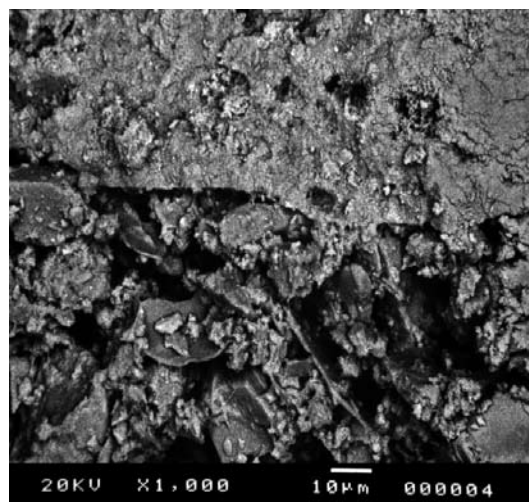


1a)

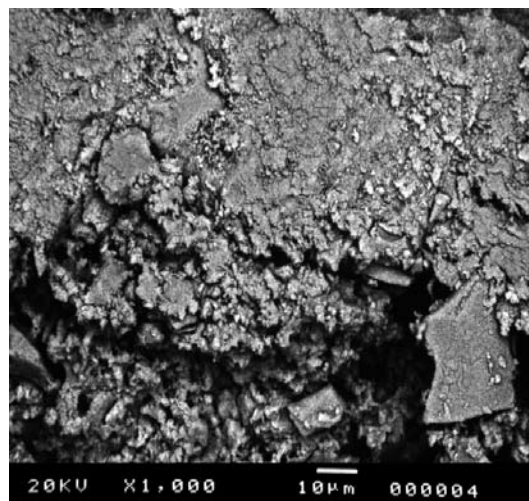


1б)

Рис. 1. Структура известково-цементно-песчаного раствора



2a)

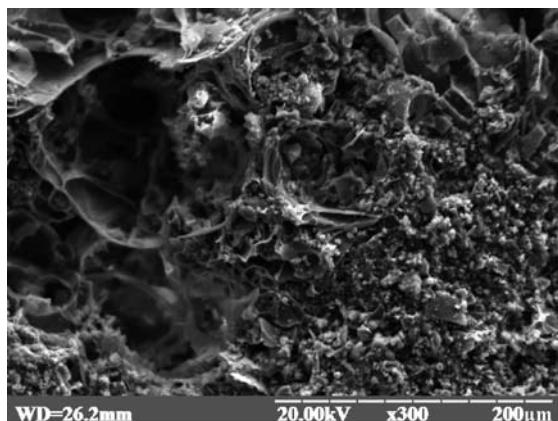


2б)

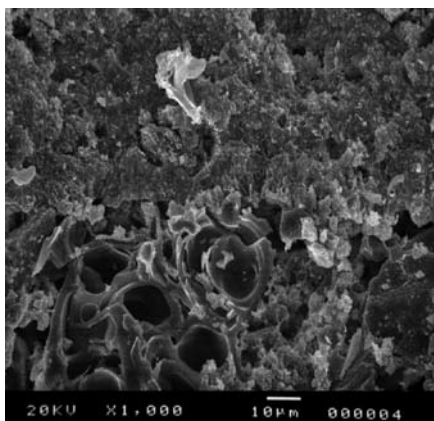
Рис. 2. Контактная зона между газобетонной кладкой и известково-цементно-песчаным раствором

в результате твердения при низком В/Ц отношении, из-за интенсивного отсоса влаги газобетонной кладкой и испарения влаги с фасадной поверхности под воздействием солнца и ветра.

Твердение штукатурного раствора при уменьшенном В/Ц отношении приводит к неполной гидратации цемента, появлению микро- и макродефектов в объеме материала и



3a)



3б)

Рис. 3. Структура известково-цементно-перлитового штукатурного раствора

модифицирующих добавок: карбонатного заполнителя, наполнителя (отходы добычи известняка-ракушечника), перлитового песка, метилгидроксиэтилцеллюлозы Tylose MB 15009 P2, полипропиленовой фибры, полимерного ретардатора Vinnapas 8031 Н обеспечивает формирование оптимальной структуры штукатурного раствора и контактной зоны его с газобетонной кладкой за счет изменения процессов структу-

рообразования, которые будут рассмотрены ниже. на его поверхности. Именно эти микро- и макротрещины получают свое развитие при эксплуатационных воздействиях (попеременное увлажнение и высушивание, нагревание и охлаждение, замораживание и оттаивание) на стеновую конструкцию и штукатурное покрытие. Из-за интенсивного отсоса влаги газобетонным основанием происходит усадка штукатурного раствора и формирование контактной зоны «кладка — штукатурное покрытие» со значительным количеством дефектов (рис. 2).

Как видно, контактная зона имеет рыхлую структуру, наблюдаются ярко выраженные полости и трещины. Именно эти дефекты определяют низкую прочность сцепления штукатурного покрытия с газобетонным основанием и адгезионный характер разрушения контактной зоны.

Для известково-цементно-перлитового раствора также характерно значительное количество дефектов структуры (рис. 3). Это вызвано снижением В/Ц отношения, усадкой раствора из-за отсоса влаги газобетонным основанием и испарением влаги под воздействием ветра и солнца, а также значительным водопоглощением перлитового песка.

Из-за отсоса влаги газобетонным основанием из цементно-известково-перлитового раствора также происходит формирование контактной зоны «кладка — штукатурное покрытие» со значительным количеством дефектов. Контактная зона имеет рыхлую структуру, наблюдаются ярко выраженные полости и трещины (рис. 4). Данные дефекты определяют низкую прочность сцепления штукатурного покрытия с газобетонным основанием и адгезионный характер разрушения контактной зоны.

Для того чтобы избежать протекания вышеописанных деструктивных процессов, образования дефектной структуры штукатурного раствора и контактной зоны его с газобетонным основанием, необходима целенаправленная модификация материала. Введение в растворную смесь

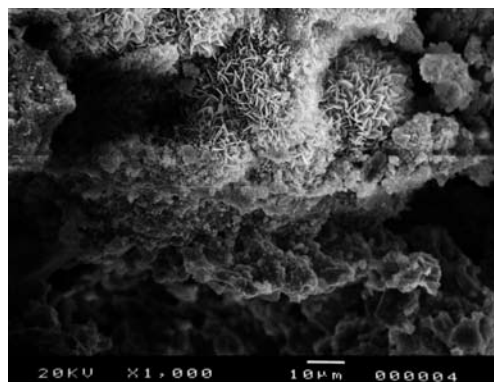
рообразования, которые будут рассмотрены ниже.

Структурообразование полимерцементного композита определяется процессами гидратации цемента и формирования полимерных мембран, их взаимодействием с микродисперсным армированием, наполнителем и заполнителем. Процесс включает: стадии смачивания, адсорбции, растворения, гидролиза, зародышеобразования, роста кристаллов, рекристаллизации, образования полимерных мембран [1, 2].

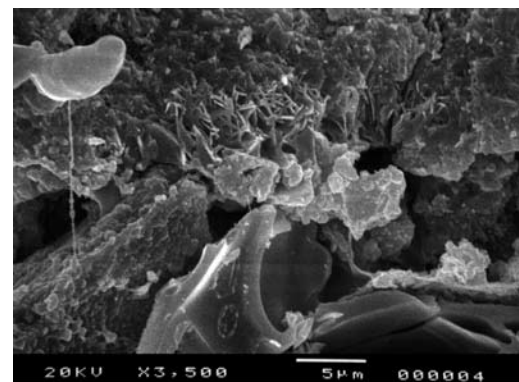
Механизм твердения полимерцементного штукатурного раствора включает:

- растворение цемента и полимеров, гидратацию цемента с образованием геля и зародышеобразованием кристаллогидратов;
- адсорбции полимерных частиц на поверхности геля, кристаллогидратов, мелкого заполнителя и наполнителя;
- формирования контактной зоны полимерцементной матрицы с мелким заполнителем и наполнителем;
- формирование контактной зоны «газобетонная кладка — штукатурное покрытие»;
- сращивание кристаллогидратов между собой и прораствание их через полимерные мембраны;
- испарение воды и образование полимерных мембран как завершающий этап структурообразования полимерцементного композита.

Рассмотрим процессы структурообразования подробнее. Гидратация цемента начинается после смешивания



4a)



4б)

Рис. 4. Контактная зона между газобетонной кладкой и известково-цементно-перлитовым штукатурным раствором

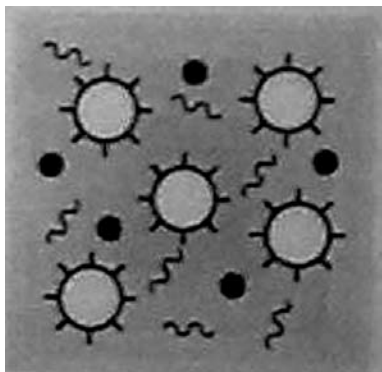


Рис. 5. Образование водной дисперсии полимеров из РПП

с водой. В процессе гидратации безводные клинкерные минералы (силикаты, алюминаты и алюмоферриты кальция) превращаются в соответствующие кристаллогидраты — гидросиликаты, гидроалюминаты, гидроферриты кальция, гидроксид кальция. Суперпластификатор, адсорбируясь на гидратирующихся цементных зернах, уменьшает их агрегацию и дезагрегирует образовавшиеся цементные конгломераты [1, 3]. Быстро (30-60 сек.) происходит диспергирование в воде редиспергируемого полимерного порошка (РПП), образование водной дисперсии, частиц размером 0,01-0,5 мкм [2, 4] (рис. 5).

При достижении некоторой критической концентрации дисперсных фаз в жидкой среде агрегативно неустойчивая система переходит к коагуляционной структуре. Возникает объемный пространственный каркас, образуемый дисперсными частицами, которые соединены между собой через тонкие водные прослойки и водные дисперсии полимеров.

Полимерные частицы оказывают влияние на структурообразование материала. Они оседают на поверхности цементного геля, негидратированных зерен цемента, мелкого заполнителя и агрегируются в виде рыхлых полимерных мембран, в объем которых входят молекулы воды (рис. 6).

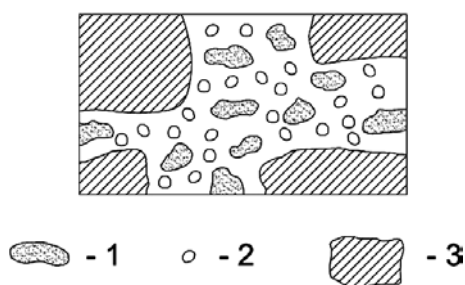


Рис. 6. Структура полимерцементного штукатурного раствора после смешивания с водой: 1 — негидратированные зерна цемента, 2 — частицы полимера, 3 — зерна мелкого заполнителя и наполнителя

Наличие полимерных мембран изменяет кинетику гидратации клинкерных минералов, позитивно влияя на формирование структуры гидратных новообразований. Наибольшее влияние полимерные добавки оказывают на взаимодействие C_3A с водой, причем изменяется не только скорость процесса, но и фазовый состав цементного камня. Наблюдается небольшое замедление гидратации C_3A

через 1 час после смешивания. В последующие сроки они ускоряют гидратацию трехкальциевого гидроалюмината, которая практически завершается к 28 суткам.

Интенсивное гидратообразование в системе сопровождается наряду с C_3AH_6 преимущественным синтезом гексагональных кальциевых гидратов [5, 6]. Процесс гидратации C_3S в присутствии полимеров замедляется, особенно на начальных стадиях твердения. Однако на 20-30 сутки твердения степень гидратации алита одинакова как в полимерцементном вяжущем, так и в цементном камне без добавок [6]. При этом фазовый состав цементного камня представлен волокнистыми гидросиликатами и гидроксидом кальция [7]. На гидратацию C_2S полимерные добавки практически не оказывают влияния, поскольку этот минерал в начальные сроки характеризуется низкой активностью, а в поздние сроки воздействие полимерной составляющей снижается.

Частицы метилцеллюлозы, рассеянные между зернами цемента, адсорбируются на их активных центрах. Ее молекулы, удерживая воду силами межмолекулярного взаимодействия (силами Ван-дер-Ваальса), образуют аквакомплексы, оказывая замедляющий эффект и обеспечивая равномерность и большую степень гидратации цемента [8].

Образовавшиеся аквакомплексы замедляют гидратацию и трехкальциевого алюмината, который проявляется до возраста 28 суток. В последующие сроки в системе идет образование C_3AH_6 . Качественный состав новообразований и количественное соотношение между ними соответствует тому, которое имеет место при гидратации C_3A в воде без добавок [7].

В дальнейшем появляются зародыши кристаллов новообразований, и структура принимает вид (рис. 7). При этом прочных химических связей между неорганической и органической составляющей структуры не наблюдается, а взаимодействие имеет коагуляционный характер, основанный на слабых водородных и вандерваальсовых связях.

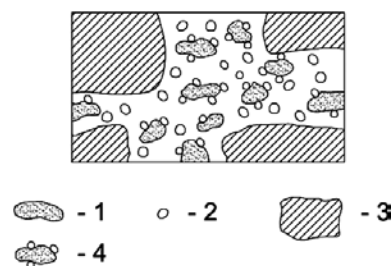


Рис. 7. Коагуляционная структура полимерцементного штукатурного раствора: 1 — негидратированные зерна цемента, 2 — частицы полимера, 3 — зерна мелкого заполнителя и наполнителя, 4 — полимерные частицы

Важным элементом структуры является контактная зона между полимерцементным камнем, заполнителем и наполнителем. Формирование ее начинается уже на начальной стадии твердения растворной смеси. Поверхность зерен заполнителя и наполнителя играет роль подложки, облегчающей образование зародышей кристаллогидратов.

На поверхности кварцевого песка выделяются кристаллические зародыши, представленные преимущественно

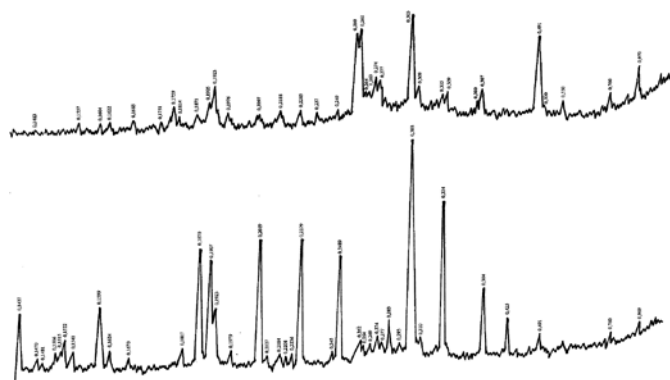


Рис. 8. Данные рентгенофазового анализа полимерцементных штукатурных растворов

гидросиликатами кальция. На высокодисперсных частицах шлака, входящих в состав шлакопортландцемента, происходит осаждение продуктов гидратации. Эти частицы служат центрами нуклеации и кристаллизации. На их поверхности происходит хемосорбция OH^- , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ из жидкой фазы, что препятствует образованию кристаллизации этtringита, и начинается пуццолановая реакция. Происходит образование дополнительного количества $\text{CSH}(1)$ за счет взаимодействия $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с активным кремнеземом или алюмосиликатом наполнителя. Следствием этого является образование дополнительных фазовых контактов (контактов срастания между кристаллогидратами), что улучшает структуру композита.

Наблюдается реакция химического взаимодействия известняка с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, в результате чего образуются гидрокарбонат кальция $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, прочно связывающий кристаллы гидроксида кальция с поверхностью известняка. В присутствии известняка отмечается увеличение скорости гидратации трехкальциевого силиката [1, 8]. При взаимодействии с трехкальциевым алюминатом (C_3A) и продуктами его гидратации образуются гидрокарбоалюминатные фазы ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ и др.), что хорошо иллюстрируют данные рентгенофазового анализа (рис. 8). Этим объясняется повышенная механическая прочность контактной зоны между цементным камнем и карбонатной породой [10].

Заполнители из вулканических горных пород (перлит, вермикулит) также активно взаимодействуют с минералами портландцемента (рис. 8). При использовании керамзитового песка входящие в его состав аморфизованное глинистое вещество и алюмосиликатное стекло, взаимодействуют с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образуя преимущественно гидросиликаты.

Наличие полимера в полимерцементном вяжущем увеличивает его сцепление с заполнителем. Рост сцепления объясняется тем, что жидкая фаза цементного камня, содержащая полимерные частицы, ионы кальция, алюминатные и кремнийкислородные анионы, проникает в поры заполнителя, а протекающие процессы гидратации и полимеризации прочно соединяют контактирующие материалы.

В дальнейшем происходит увеличение количества кристаллов новообразований, их рост и слияние. Возрастает прочность и вязкость образовавшейся структуры (рис. 9).

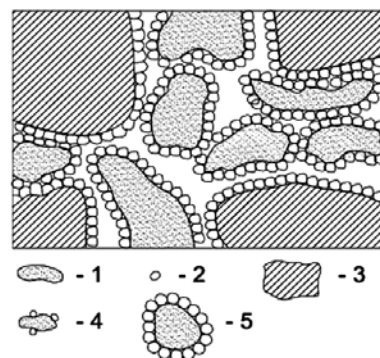


Рис. 9. Коагуляционно-кристаллизационная структура полимерцементного штукатурного раствора: 1 – негидратированные зерна цемента, 2 – частицы полимера, 3 – зерна мелкого заполнителя и наполнителя, 4 – полимерные дисперсные частицы, 5 – зародыши кристаллов с адсорбированными на их поверхности полимерными частицами

В результате гидратации цемента часть воды химически связывается, происходит также частичное ее испарение. Это приводит к коагуляции полимерной фазы и образованию фрагментов мембран между кристаллами новообразований, заполнителем и наполнителем.

В последующий период наблюдается взаимное прорастание двух фаз (неорганической и органической), полимерная составляющая заполняет поровое пространство и возникающие дефектные места, уплотняя и соединяя их дополнительно (рис. 10, 11а).

Полимерная фибра в результате этих процессов оказывается в полимерцементной матрице, прочно соединяясь с ней (рис. 11б). В результате этого образуется полимерцементный конгломерат с ярко выраженной гетерогенностью. Она состоит из непрореагировавших с водой частиц клинкера, цементного геля, кристаллов новообразований, полимерных пленок, адсорбированных на частицах геля и кристаллах новообразований, полимерной фибры и пор, заполненных воздухом или водой (рис. 10, 11, 12, 11а).

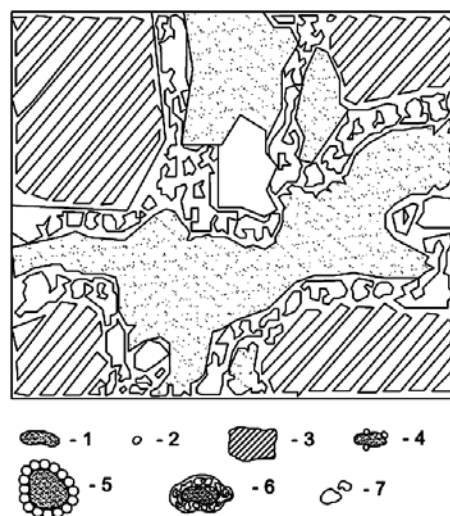


Рис. 10. Структура затвердевшего раствора: 1 – негидратированные зерна цемента, 2 – частицы полимера, 3 – зерна мелкого заполнителя и наполнителя, 4 – смесь негидратированных частиц цемента и цементного геля с осажденными на их поверхности частичками полимера, 5 – смесь цементного геля и негидратированных частиц цемента окруженных плотно упакованным слоем полимерных частиц, 6 – гидраты цемента, окруженные полимерными пленками или мембранами, 7 – вовлеченный воздух