

УДК 691.002

Паруга В.А., к.т.н., доцент,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры (ОГАСА), Украина, 65029
г. Одесса ул. Дидрихсона, 4, тел..380676358991, 0487238434, e-mail: docent2155@gmail.com

Брынзин Е.В., к.т.н., начальник отдела маркетинга

ООО ЮДК, Украина, 49051 г. Днепропетровск, ул. Комиссара Крылова, 7Д,
тел.380(562)338009, 380(67)5231064, e-mail: www.udkgazbeton.com,

Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com

Вандинский В.Ю., студент, ОГАСА

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ В СИСТЕМЕ «ГАЗОБЕ- БЕТОННАЯ КЛАДКА-ШТУКАТУРНОЕ ПОКРЫТИЕ»

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ШТУКАТУРНИХ РОЗЧИНІВ В СИСТЕМІ «ГАЗОБЕ- ТОННА КЛАДКА-ШТУКАТУРНЕ ПОКРИТТЯ»

Анотація.

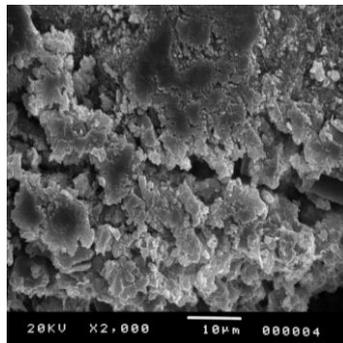
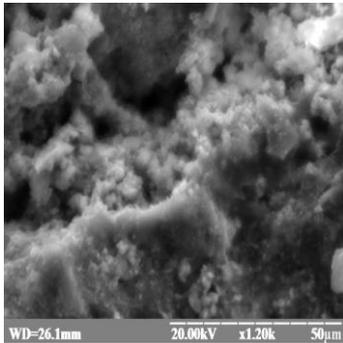
Спільність роботи штукатурного покриття з газобетонною кладкою, залежать від його характеристик і структури. Тому потрібно розуміти процеси структуроутворення при твердінні штукатурного розчину і цілеспрямовано на нього впливати.

У статті розглянуті процеси структуроутворення полімерцементного штукатурного розчину. Відмічена роль складових суміші у процесі структуроутворення і їх вплив на властивості штукатурного покриття.

Виходячи з розуміння процесу структуроутворення технолог зможе цілеспрямовано формувати структуру матеріалу і тим самим додаючи певні фізико-механічні властивості і тріщиностійкість штукатурному покриттю.

Ключові слова: *штукатурні розчини, структуроутворення, газобетонна кладка*

Для структуры известковоцементнопесчаного штукатурного раствора характерно значительное количество микро- и макродефектов: пор, трещин, полостей (рис.1). Образо-



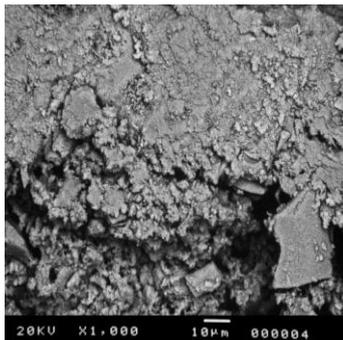
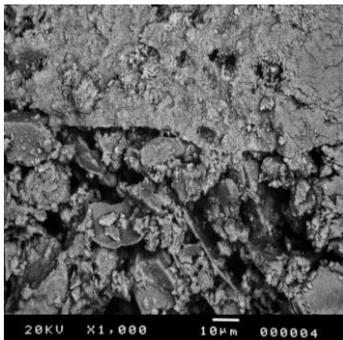
вались они в результате интенсивного отсоса влаги пористой газобетонной кладкой и испарения влаги с фасадной поверхности под воздействием солнца и ветра.

Рисунок 1 Структура известково-цементнопесчаного раствора

Твердение штукатурного раствора при уменьшенном В/Ц отношении привело к неполной гидратации це-

мента, появлению микро- и макродефектов в объеме материала и на его поверхности.

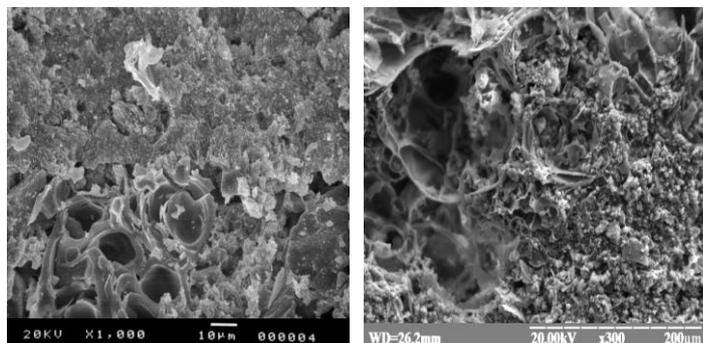
Именно эти микро- и макротрещины получают свое развитие при эксплуатационных воздействиях (попеременное увлажнение и высушивание, нагревание и охлаждение) на стеновую конструкцию и штукатурное покрытие.



Из-за интенсивного отсоса влаги, пористым газобетонным основанием, происходит усадка этого штукатурного раствора и формирование контактной зоны «кладка-штукатурное покрытие» со значительным количеством дефектов (рис.2).

Рисунок 2 Контактная зона между газобетонной кладкой и известковоцементнопесчаным раствором

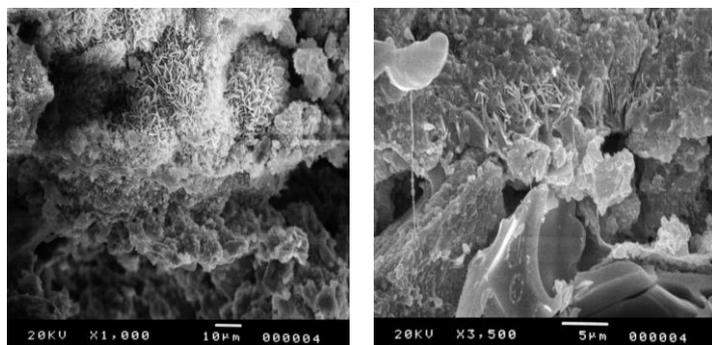
Как видно, контактная зона имеет рыхлую структуру, между газобетонной кладкой и штукатурным покрытием наблюдается ярко выраженные полости и трещины. Именно эти дефекты определяют низкую прочность сцепления штукатурного покрытия с газобетонным основанием и адгезионный характер разрушения контактной зоны.



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

Рисунок 3 Структура цементноизвестковоперлитового штукатурного раствора

Из-за отсоса влаги газобетонным основанием из цементноизвестковоперлитового раствора, также происходит формирование контактной зоны «кладка-штукатурное покрытие»



со значительным количеством дефектов. Контактная зона имеет рыхлую структуру, наблюдается ярко выраженные полости и трещины (рис.4). Именно эти дефекты определяют низкую прочность сцепления штукатурного покрытия с газобетонным основанием и адгезионный характер разрушения контактной зоны.

Рисунок 4 Контактная зона между газобетонной кладкой и известковоцементноперлитовым штукатурным раствором

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 модифицирующих добавок: карбонатного заполнителя и наполнителя (отходы добычи известняка ракушечника) и перлитового песка, метилгидроксиэтилцеллюлозы Tylose MB 15009 P2, полипропиленовой фибры, полимерного диспергируемого порошка Vinnapas 8031 H, обеспечило формирование оптимальной структуры штукатурного раствора и контактной зоны его, с газобетонной кладкой, за счет изменения процессов структурообразования которые будут рассмотрены ниже.

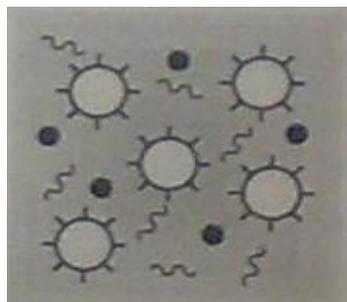
Структурообразование полимерцементного композита определяется процессами гидратации цемента и формирования полимерных мембран, их взаимодействием с микродисперсным армированием, наполнителем и заполнителем. Процесс включает стадии смачивания, адсорбции, растворения, гидролиза, зародышеобразования, роста кристаллов, рекристаллизации, образование 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 прорастание 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 с водой. В процессе гидратации безводные клинкерные минералы (силикаты, алюминаты и аллюмоферриты кальция) превращаются в соответствующие кристаллогидраты - гидросиликаты, гидроалюминаты, гидроферриты кальция, гидроксид

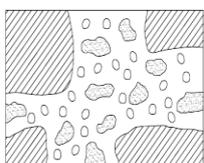


кальция. Сперпластификатор, адсорбируясь на гидратирующихся цементных зернах, уменьшает их агрегацию и дезагрегирует образовавшиеся цементные конгломераты [1,3]. Быстро (30-60 сек), происходит диспергирование в воде редиспергируемого полимерного порошка (РПП), образование водной дисперсии, с размером частиц 0,01-0,5 мкм [2,4] (рис. 5).

Рисунок 5 Образование водной дисперсии полимеров из РПП

При достижении некоторой критической концентрации дисперсных фаз в жидкой среде, агрегативно неустойчивая система переходит к когуляционной структуре. Возникает объемный пространственный каркас образуемой 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, непрореагировавших зернах цемента, мелкого заполнителя и агрегируются в виде полимерных мембран, в объем которых входят молекулы воды (рис.6).



1 - 2 - 3

Рисунок 6 Структура полимерцементного штукатурного раствора после смешивания с водой 1. Непрогидратированные 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 С3А с водой, причем изменяется не только скорость процесса, но и фазовый состав цементного камня. Наблюдается небольшое замедление гидратации С3А 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 С3АН6, преимущественным синтезом гексагональных кальциевых гидратов [5,6]. Процесс гидратации С3С 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 С2S 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, 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 СЗАН6. Качественный состав новообразований и количественное соотношение между ними соответствует тому, которое имеет место при гидратации СЗА в воде без добавок [7].

В дальнейшем происходит зарождение зародышей 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 ван-дер-ваальсовых связях.

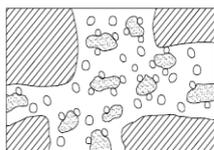


Рисунок 7 Коагуляционная структура полимерцементного штукатурного раствора 1. Непрогидратированные зерна цемента 2. Частицы полимера 3. Зерна мелкого заполнителя и наполнителя 4. Полимерные частицы

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, выполняя роль подложки, облегчая образование зародышей кристаллогидратов.

На поверхности кварцевого заполнителя, выделяются кристаллические зародыши, представленные преимущественно 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 химическое взаимодействие 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 наблюдается увеличение скорости гидратации трехкальциевого силиката [1,8]. При взаимодействии с трехкальциевым алюминатом (СЗА) и продуктами его гидратации, образуется 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].

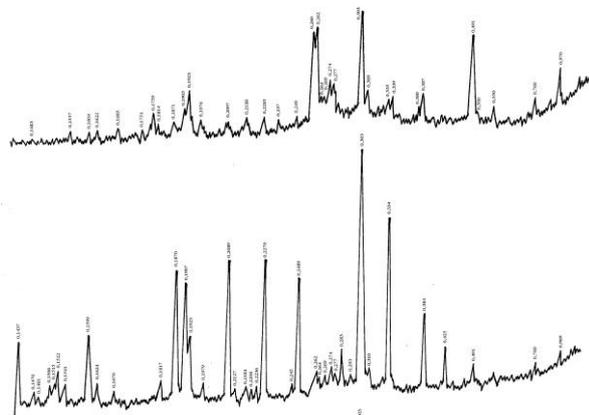


Рисунок 8 Данные рентгенофазового анализа полимерцементных штукатурных растворов

Заполнители из вулканических горных пород (перлит, вермикулит) также активно взаимодействуют с минералами портландцемента (рис.8). При использовании кебрамзитового песка и наполнителя, входящие в их 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).

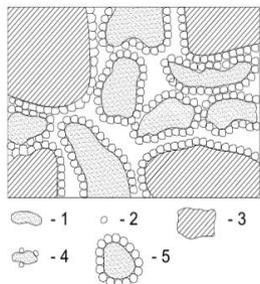


Рисунок 9 Коагуляционно-кристаллизационная структура полимерцементного штукатурного раствора

1. Непрогидратированные 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 происходит взаимное прорастание двух фаз (неорганической и полимерной), полимерная составляющая заполняет поровое пространство и возникающие дефектные места, уплотняя и соединяя их дополнительно (рис.10,11а).



Рисунок 10 Структура затвердевшего раствора

1. Непрогидратированные зерна цемента 2. Частицы полимера 3. Зерна мелкого заполнителя и наполнителя 4. Смесь непрогидратированных частиц цемента и цементного геля с осажденными на их поверхности частичками полимера 5. Смесь цементного геля и непрогидратированных частиц цемента окруженных плотно упакованным слоем полимерных частиц, 6. Гидраты цемента, окруженные полимерными пленками или мембранами. 7. Вовлеченный воздух.

Полимерная фибра в результате этих процессов оказывается в полимерцементной матрице, прочно соединяясь с ней (рис.11б). В результате чего 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 а).

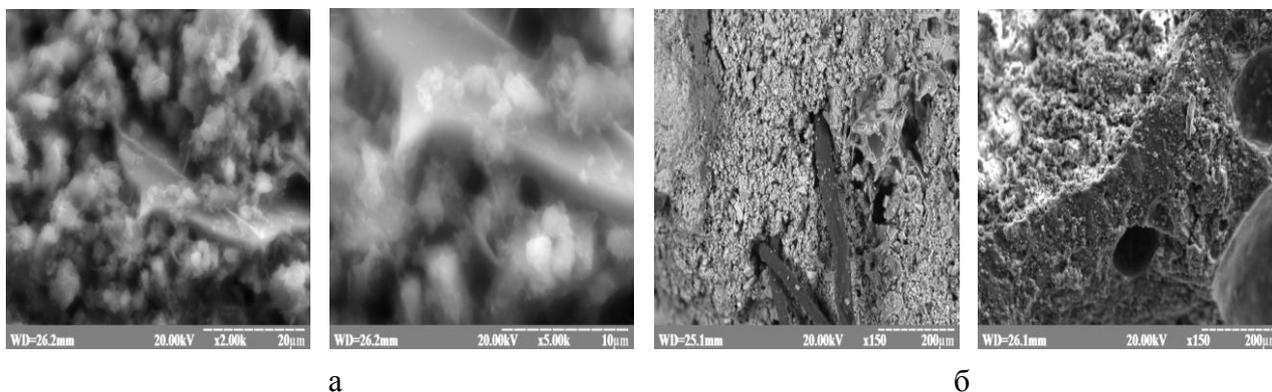


Рисунок 11 Наличие полимерных мембран (а) и фибры в структуре материала

Одновременно протекают процессы формирования контактной зоны штукатурного покрытия с газобетонной кладкой. Они включают: адсорбцию и хемосорбцию, диффузию и др. Жидкая фаза растворной смеси, содержащая полимерные частицы, ионы кальция, алюминатные и кремнийкислородные анионы, проникает в поры газобетонной клад-

ки. Гидросиликаты, гидроалюминаты газобетонной кладки, выполняют роль центров кристаллизации, ускоряя твердение полимерцементного раствора и формирование бездефектной контактной зоны. В результате получаем штукатурное покрытие, связанное с кладкой как химически, молекулярным притяжением, так и механически, за счет сцепления полимерцементного раствора с неровностями поверхности газобетонной кладки (рис. 12б).

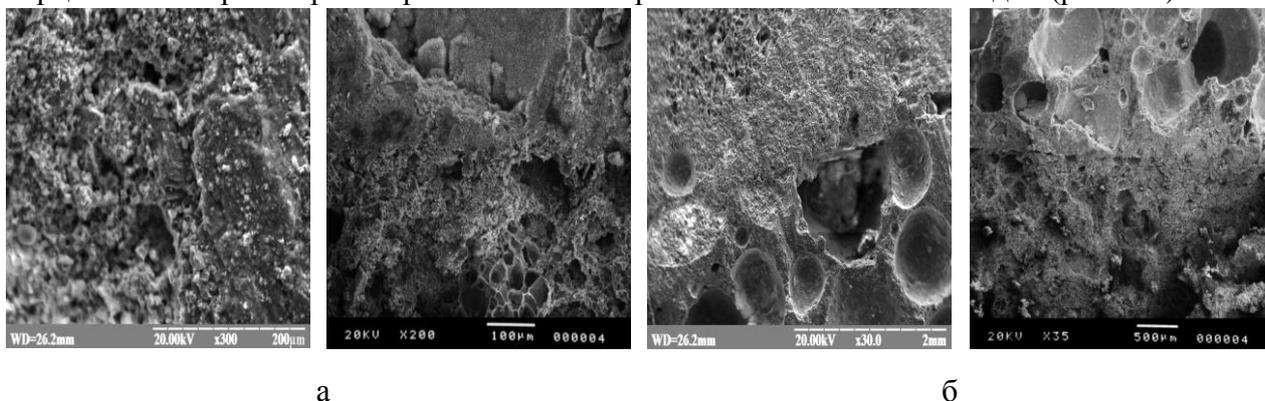


Рисунок 12 Структура полимерцементного штукатурного раствора (а) и его контактной зоны с газобетонным основанием

Приведенные микрофотографии подтверждают то, что структура перлитокarbonатного полимерцементного раствора имеет высокую однородность, меньшее количество дефектов. Четко просматривается полимерные мембраны и пропиленовая фибра, которые обеспечивают повышение деформативности штукатурного раствора и релаксацию напряжений в материале при знакопеременных и силовых нагрузках в системе «кладка-штукатурное покрытие». Вместе с микроармирующим эффектом, полимерной фибры, это приводит к повышению усталостной трещиностойкости, долговечности штукатурного покрытия и стеновой конструкции в целом.

Микроструктурный анализ контактного слоя, между газобетонной кладкой и штукатурным раствором, показали, что целенаправленной модификацией обеспечивается более качественная структура контактной зоны. Если в контактной зоне известковоцементнопесчаного и известковоцементноперлитового раствора с газобетонной кладкой наблюдаются рыхлая структура, значительное количество дефектов (трещины и полости), то в контактной зоне на перлитокarbonатном полимерцементном растворе такие дефекты отсутствуют, обеспечивая тем самым совместность работы штукатурного покрытия с газобетонным основанием.

Повышение трещиностойкости штукатурного покрытия, совместная работа его с газобетонной кладкой, позволяет увеличить долговечность стеновой конструкции, межремонтный период и снизить эксплуатационные затраты и затраты на текущие и капитальные ремонты.

Литература

1. Taylor, H. F. W., Portland Cement: Hydration Products, J. Edn. Mod. Materials, Sci. & Eng., 3:429-449 (1981).
2. Ramachandran V. S., Concrete Admixtures Handbook, Noyes Publications, NJ, USA (1995) p. 1152.
3. Тейлор Х. Химия цемента, М., Мир, 1996. - 560 с.
4. Р.Цюрбригген, П.Дильгер Дисперсные полимерные порошки – особенности поведения в сухих строительных смесях// Строительные материалы №3, 1999, С.10-12
5. Довгань И.В., Кириленко Г.А., Семенова С.В. Исследование кинетики твердения минеральных вяжущих, модифицированных полярными полимерами Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 31, Одеса „Місто майстрів”, 2008. с.134-136

6. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров: Пер. с англ. - М.: Химия, 1976. - 416с.
7. А.С. Коломацкий, С.В. Кучеев, С.А. Коломацкий Гидратация клинкерных минералов с полимерными добавками //Строительные материалы 2000г, №9, С.12-13
8. Larbi J.A., Bijen J.M. The chemistry of the pore fluid of silica fume-blended cement systems //Cem. and Concr. Res. -1990. -V20. -№4. -pp.506-516.
9. Oshio A. Sone T. Matsui A. Properties of Concrete Containing Mineral Powders, Cement Association of Japan Review, 1987, pp. 114-117.
10. Monteiro P.J.M., Mehta P.K. Interaction between Carbonate Rock and Cement Paste. Взаимодействие карбонатного заполнителя с цементным тестом //Cem. and Concr. Res. -1986. -№2. -pp.127-134.

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ В СИСТЕМЕ «ГАЗО-БЕТОННАЯ КЛАДКА-ШТУКАТУРНОЕ ПОКРЫТИЕ»

Аннотация

Совместность работы штукатурного покрытия с газобетонной кладкой, зависят от его характеристик и структуры. Поэтому необходимо понимать процессы структурообразования при твердении штукатурного раствора и целенаправленно на него влиять.

В статье рассмотрены процессы структурообразования полимерцементного штукатурного раствора. Отмечена роль составляющих смеси в процессе структурообразования и их влияние на свойства штукатурного покрытия.

Исходя из понимания процесса структурообразования технолог сможет целенаправленно формировать структуру материала и тем самым придавая определенные физико-механические свойства и трещиностойкость штукатурному покрытию.

Ключевые слова: штукатурные растворы, структурообразование, газобетонная кладка.

FORMATION THE PLASTERS COVERING IN SYSTEM « AAC MASONRY- PLASTERS COVERING»

Abstract

Plaster covering and AAC masonry compatibility work depends on its specification and structure. It is therefore necessary to understand the processes of structure formation during the stucco compound solidifying and deliberate action on it.

The article reviewed the processes of polymer-cement plaster covering structure formation. The role of mix ingredients in the process of the structure formation is marked and also their influence on plaster covering.

On the basis of the understanding of structure formation process, a technologist can structure the material purposefully and by that giving certain physical and mechanical properties and crack resistance to plaster covering.

Keywords: Plaster covering, processes of structure formation, AAC masonry.