

ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ТВЕРДЕЮЩИХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНО-РЕМОНТНЫХ И ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лисенко В.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса), Ткачук А.М. (УкрАзияСтрой, г. Киев)

Рассмотрены вопросы влияния наполнителей на свойства твердеющих цементных композиций для восстановительно-ремонтных и защитных материалов. Показано, что за счет рациональных наполнителей можно в достаточно широких пределах изменять свойства вяжущих в зависимости от вида выполняемых ремонтных и восстановительных работ.

Введение

Необходимость выполнения плановых и неплановых работ по ремонту и восстановлению строительных объектов различного назначения ставит задачи разработки составов ремонтных композиций с регулируемым набором свойств. Известно, что изменять свойства композиций на основе минеральных вяжущих можно путем изменения их структуры. В свою очередь, управлять процессами структурообразования, как показали многочисленные исследования [1, 2, 3] целесообразно путем введения в их состав частиц минеральных наполнителей с учетом их природы, дисперсности и количества. Использование наполнителей позволяет изменять в требуемом направлении свойства твердеющих и затвердевших композиций на основе цемента.

В работах [2, 4] цементные композиции рассматриваются как полиминеральные и полидисперсные высококонцентрированные грубодисперсные лиофобные системы с лиофильной границей раздела фаз. Анализ процессов и явлений, которые происходят при клинкерообразовании и получении цементов, позволил установить, что около 30% по массе зерен цемента представляют собой мономинеральные образования [5]. Предварительно проведенные исследования [6, 7] показали, что при помоле выделяются частицы мономинералов цемента в зави-

симости от их дисперсности. Предложенные вероятные схемы физико-механики организации структуры учитывают характер межчастичных взаимодействий в зависимости от природы контактирующих частиц. При введении в такие достаточно сложные по качественному и количественному составу зерен вяжущего системы полиминеральных и полидисперсных частиц наполнителей изменяются условия межчастичного взаимодействия и условия формирования межчастичных контактов. Это должно привести к изменению кинетики протекания физико-химических процессов гидратации, что должно вызвать изменение свойств твердеющих и затвердевших композиций с минеральными наполнителями. В связи с этим, была определена задача изучения влияния вида, количества и дисперсности наполнителей на свойства твердеющих систем.

Организация эксперимента

При назначении вида наполнителя исходили из требований к технологическим характеристикам ремонтных составов и физико-механическим свойствам восстанавливаемых строительных объектов. Строительные объекты (отдельные конструкции, здания и сооружения) выполнены, как правило, из силикатного и красного кирпича, бетона и натурального камня (пильные известняки-ракушечники, что характерно для южных районов Украины). В зависимости от вида выполняемых работ (например, восстановление рабочего сечения и защитного слоя несущих железобетонных конструкций, внутренние и наружные штукатурные и защитные слои и т.п.) применяемые материалы (цементные композиции, растворы и бетоны) должны, по набору физико-механических свойств соответствовать аналогичному набору физико-механических свойств восстанавливаемого объекта. Поэтому, для обеспечения требуемых свойств ремонтно-восстановительных материалов для бетонных и железобетонных конструкций и ограждающих конструкций, выполненных из силикатного и красного кирпича, были использованы кварцевые наполнители. Для работ, связанных с восстановлением внутренних и наружных штукатурок объектов, выполненных из известняка-ракушечника, был принят наполнитель в виде молотого до разной дисперсности известняка-ракушечника.

Совместность работы восстанавливаемого объекта и наносимого ремонтно-защитного состава в значительной степени зависит не только от равенства их физико-механических и деформативных свойств, но и от обеспечения целостности нового состава при его твердении. Одним из условий сохранения целостности ремонтных составов можно счи-

тать минимизацию их объемных деформаций при твердении при регулируемой скорости набора структурной прочности. Поэтому при изучении свойств твердеющих цементных композиций с различными наполнителями контролировали их начальные объемные изменения (ΔV , мм³/см³) по методике, описанной в [2], и изменения структурной прочности ($R_{\text{тв}}$ Па) на пластометре Ребиндера.

Количество наполнителей было принято $N=20, 40$ и 60% по массе. При принятых количествах и дисперсностях наполнителя подбиралось количество воды затворения, обеспечивающее нормальную густоту цементного теста. Опыты проводились на молотом клинкере Одесского цементного завода. Соотношением размеров мелющих тел добивались, при заданной удельной поверхности $S_y=300\text{м}^2/\text{кг}$, получения зерен цемента с размером $d=24\text{мкм}$ до 50% от общего зернового состава. Наполнители рассеивали на ситах до получения фракций $d_1<50\text{мкм}$ ($d_{\text{ср}}\approx 25\text{мкм}$); $d_2=50\dots 100\text{мкм}$ ($d_{\text{ср}}\approx 75\text{мкм}$) и $d_3=100\dots 160\text{мкм}$ ($d_{\text{ср}}\approx 130\text{мкм}$). Объемные изменения ΔV и структурную прочность, $R_{\text{тв}}$ твердеющих композиций контролировали через каждые $0,5$ часа в течение 12 часов.

Эксплуатационная надежность ремонтных и защитных композиций в значительной степени зависит от наличия в их структуре технологических трещин [8]. В наших опытах технологическую поврежденность оценивали при помощи коэффициента поврежденности $K_{\text{тв}}$, который определяли как отношение длины технологических трещин $L_{\text{т}}$ к площади поверхности участка поверхности, S_0 , $K_{\text{тв}}=L_{\text{т}}/S_0$, см/см². Проявление технологических трещин осуществляли по методике, описанной в [2].

Применение минеральных наполнителей позволяет в широком диапазоне изменять начальные объемные изменения цементных композиций. За счет увеличения количества используемых наполнителей ΔV изменяется в $1,2\dots 2$ раза. Изменение дисперсности кварцевых наполнителей позволяет изменить ΔV в $1,5$ раза. При этом минимальные объемные деформации характерны для композиций с частицами наполнителя размером d_3 . Установлено, что максимальные деформации достигаются через 2 часа после затворения.

Использование карбонатных наполнителей в количестве $N=20\%$ снижает ΔV в $1,8\dots 9$ раз по сравнению с кварцевыми наполнителями. Минимальные объемные деформации претерпевают композиции с частицами наполнителя с размером d_2 . Уменьшение и увеличение среднего размера частиц наполнителя ведет к увеличению ΔV более, чем на порядок. При увеличении количества карбонатных наполнителей $N=40\%$ и 60% по массе объемные изменения твердеющих цементных

систем практически не отличаются от объемных изменений композиций с кварцевыми наполнителями. При этом сохраняется влияние дисперсности наполнителя на ΔV . Использование наполнителей с размером частичек d_2 позволяет в среднем в 2,3 раза снизить объемные деформации твердеющих композиций с частицами наполнителей d_1 .

Влияние наполнителей, особенно их дисперсности, на объемные деформации твердеющих цементных композиций косвенно подтверждает взаимовлияние физико-механических процессов организации структуры и физико-химических процессов и явлений, протекающих при гидратации вяжущего. Совокупные процессы организации структуры и гидратации вяжущего оказывают влияние на изменение структурной прочности.

Опыты показали, что использование кварцевых наполнителей ведет к интенсификации процессов набора пластичной прочности по сравнению с цементными композициями с карбонатными наполнителями. Характерно, что использование кварцевых наполнителей с размером частичек d_3 ведет к быстрому набору структурной прочности. Для композиций с карбонатными наполнителями быстрый набор структурной прочности наблюдается при использовании частиц с размером d_1 . Однако абсолютные значения R_{II} композиций с карбонатным наполнителем в 1,75 раз выше по сравнению с R_{II} композиций с кварцевым наполнителем. Подобное влияние дисперсности наполнителя сохраняется при всех исследуемых количествах наполнителей.

Проведенные исследования показали, что использование наполнителей различной природы, дисперсности и количества позволяет управлять начальными объемными деформациями и набором структурной прочности твердеющих цементных композиций в зависимости от принятых технологических условий проведения ремонтных и восстановительных работ.

В работах [2, 8, 9] отмечается, что использование различных наполнителей изменяет условия не только формирования межчастичных контактов, но и условия образования дискретных структурных образований - кластеров. Спонтанное образование кластерных структур ведет к появлению в структуре материала ново структурной составляющей - межкластерных поверхностей раздела на различных уровнях структурных неоднородностей. В системе начинают реализовываться не только межчастичные взаимодействия, но и кластер-кластерные взаимодействия. Образованные при этом межкластерные поверхности раздела способны трансформироваться в трещины и определяют тем самым поврежденность цементного камня технологическими трещинами. В свою очередь, характер и количество технологических трещин предопреде-

ляет способность ремонтных и защитных композиций воспринимать нагрузки среды эксплуатации без потери функциональных свойств. В силу того, что использование наполнителей изменяет качественные и количественные общие соотношения частиц в цементных композициях как полиминеральных и полидисперсных систем, то они должны оказывать влияние на образование кластерных структур по различным схемам. Это должно привести к изменению поврежденности цементного камня технологическими трещинами. Опыты показали, что $K_{\text{п}}$ зависит от вида и дисперсности применяемых наполнителей при их количестве $N=20\%$ по массе (табл.).

Таблица

Влияние вида и дисперсности наполнителей на изменение $K_{\text{п}}$ цементного камня

Вид наполнителей	Коэффициент поврежденности, $K_{\text{п}}$, см/см ³ , при d		
	d_1	d_2	d_3
кварцевый	3,1	2,4	1,8
карбонатный	3,6	3,1	2,5

Поврежденность цементного камня без наполнителя составила $K_{\text{цк}}=3,4$ см/см³. За счет введения наполнителей коэффициент поврежденности может изменяться более, чем в 1,8 раза. Изменение дисперсности наполнителей позволяет снизить поврежденность цементного камня в 1,8 раза при использовании кварцевых наполнителей и в 1,3 раза в случае применения карбонатных наполнителей.

Таким образом, использование наполнителей, с учетом их природы, количества и дисперсности позволяет в значительных пределах изменять свойства твердеющих цементных композиций и поврежденность цементного камня технологическими трещинами. Это раскрывает возможности назначать составы вяжущего для ремонтных и защитных композиций в зависимости от их назначения.

Влияние дисперсности частиц наполнителя на процессы структурообразования и, следовательно, на свойства цементных композиций ставит задачи получения наполнителей с преимущественным содержанием частиц данного размера, которые характеризуются их удельной поверхностью S_y .

Проведенные сравнительные испытания показали, что свойства твердеющих цементных композиций с кварцевыми наполнителями с $S_y=100\text{м}^2/\text{кг}$ аналогичны свойствам цементных систем с размером час-

тиц d_3 (при одинаковом количестве наполнителей). Применение карбонатных наполнителей с $S_y=200\text{м}^2/\text{кг}$ позволяет получать цементные композиции в случае использования частиц с размером d_1 . Поэтому в дальнейших исследованиях мы использовали наполнители, характеризуемые удельной поверхностью. Это позволит в дальнейшем рекомендовать рациональные составы наполнителей промышленного производства.

Выводы

1. Проведенные анализ и исследования показали, что для направленного изменения свойств цементных композиций для ремонта, восстановления и защиты строительных объектов, выполненных из различных материалов и различного назначения, целесообразно использовать минеральные наполнители. При этом, в зависимости от назначения ремонтных составов, следует учитывать вид наполнителей, с учетом их количества и дисперсности.
2. Экспериментальные исследования позволили изучить влияние наполнителей на объемные изменения и набор структурной прочности твердеющих цементных композиций. Это дало возможность рекомендовать количество и дисперсность (удельную поверхность) наполнителей в зависимости от их вида, которые обеспечивают минимальные, в условиях эксперимента, объемные изменения, необходимый набор структурной прочности и минимальную поврежденность цементного камня технологическими трещинами.
3. Выполненные экспериментально-теоретические исследования являются основой для последующих рекомендаций по назначению составов материалов (растворов и бетонов) для ремонта, восстановления и защиты строительных объектов различного назначения.

Литература

1. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. – Киев: Будівельник, 1991. – 137с.
2. Композиционные строительные материалы пониженной материалоемкости / В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В. Сиренко. - Киев: Будівельник, 1991. – 144с.
3. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Проектирование составов бетонов с активными минеральными добавками // Современное промышленное и гражданское строительство. – Т.3. - №2. – 2006. – С.97-102.
4. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. – М.% Химия, 1980. – 320с.
5. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Портландцемент. Минералогический состав, процессы модифицирования и гидратации. – М.% Стройиздат, 1974. – 328с.
6. Ткачук А.М., Лисенко В.А. оптимизация составов цементов для восстановительно-ремонтных и защитных работ / Компьютерное материаловедение и обеспечение качества. – Одесса: Астропринт, 2006. – С.136.
7. Зайченко Н.М., Выровой В.Н., Ткачук А.М., Сахошко Е.В. Влияние степени измельчения портландцементного клинкера на его минералогический состав //Вісник ДНАБА, випуск 1 (49), 2005. – Макіївка: ДНАБА, 2005. – С.91-95.
8. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. – Одесса: Город мастеров, 1998. – 168с.
9. Коробко О.А. Влияние природы дисперсных частиц на их распределение в структурных агрегатах // Вісник ОДАБА. – Вип. 20. – Одеса: Місто майстрів, 2005. – С.169-175.