

Секция 3

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА»

УДК 691.328; 669.697

ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СЦЕПЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОЙ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ

Зарапин В.Г.¹, доц., Лугин В.Г.², директор, Артимович В.С.³, инж.

¹Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, ²Центр физико-химических методов исследования Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, ³ГП «БелдорНИИ», г. Минск, Республика Беларусь

Ключевые слова: сталефибробетон, фибра, сцепление с бетоном анкерующая композиция, микроструктура.

Реферат. Методами электронной микроскопии и микрорентгеновского анализа исследованы микроструктура и химический состав граничных слоев бетона и фибры. Установлено, что использование анкерующей композиции на основе фосфата цинка, ортофосфорной кислоты и белой глины приводит к формированию промежуточных слоев из продуктов взаимодействия компонентов покрытия на фибре и цементного камня бетона, которые объединяют контактирующие фазы. Обработка стальной фибры анкерующей композицией приводит к химическому сцеплению цементного камня бетона с поверхностью фибр. Прочность зоны контакта цементного камня и сила его химического сцепления с анкерующей композицией на поверхности фибр дает возможность зацементирования стальных фибр по всей длине, минимизируя возможность их растяжения под действием нагрузок, что приводит к повышению предела прочности дисперсно-армированного бетона.

Прочность сцепления цементного камня в сталефибробетоне с поверхностью проволочных фибр во многом определяет свойства самого дисперсно армированного бетона. На эту прочность влияют силы склеивания цементного камня с поверхностью фибр, силы механического зацепления выступов фибры за бетон, силы трения, образующиеся при усадке бетона, класс бетона, его возраст, состав и свойства цемента, соотношение количества воды и цемента, которое использовалось для изготовления бетона и др. Химические и физические процессы, приводящие к возникновению на поверхности контакта бетона и фибры адгезионных и молекулярных сил склеивания цементного камня с фиброй во многом зависят от состава и свойств поверхности фибр. Если поверхность фибр может образовывать химические связи с цементным камнем, то между ними, преимущественно на стадии тестообразного цементного камня, возможно химическое взаимодействие, приводящее к формированию промежуточных слоев из продуктов, объединяющих контактирующее фазы. Когда прочность контактной зоны сопоставима с прочностью цементного камня в объеме бетона, это повышает однородность бетона в напряженном состоянии и увеличивает его прочность [1].

Цель работы – исследования микроструктуры и химического состава зоны контакта бетона и фибры, покрытой анкерующей композицией.

Образцы сталефибробетона готовили с использованием стальной фибры, производимой РУП «Белорусский металлургический завод». Фибру обрабатывали анкерующей композицией на основе фосфата цинка, ортофосфорной кислоты и белой глины погружением в нее на 30 минут, после чего ее высушивали на воздухе. Образцы сталефибробетона готовили на основе цементного раствора, состоящего из 5,5 кг песка, 1,8 кг цемента марки ПЦ-500 и 0,9 кг воды (В/Ц = 0,5), в который вводили фибру. После формования образцы хранили 28 суток в камере нормального твердения, затем на воздухе в течение 11 месяцев. Образцы сравнения готовили с необработанной фиброй. Для исследований образцы разрушали, извлекали эле-

менты фибр, микроструктуру поверхности которых, а также участки бетона со следами контакта с фиброй, изучали на электронном микроскопе JSM-5610 LV (Jeol, Япония). Химический состав исследовали методом микрорентгеновского анализа с помощью приставки EDX JED-2201 к этому микроскопу.

Было установлено, что сцепление поверхности необработанной фибры с бетоном незначительно, а извлеченная фибра была внешне идентична фибре до анкеровки. Отсутствие сцепления с бетоном можно объяснить наличием на фибре тонкой масляной пленки, нанесенной производителем в качестве защитного покрытия, поэтому свои анкерующие свойства такая фибра обеспечивает только за счет изогнутых анкерных участков на краях фибры [2].

На поверхности необработанной фибры, извлеченной из бетона (рис. 1 *a*), присутствуют частицы цементного камня размером до 30 мкм, сцепленные с крупными микротрещинами, а также видны следы отделения частиц металла фибры.

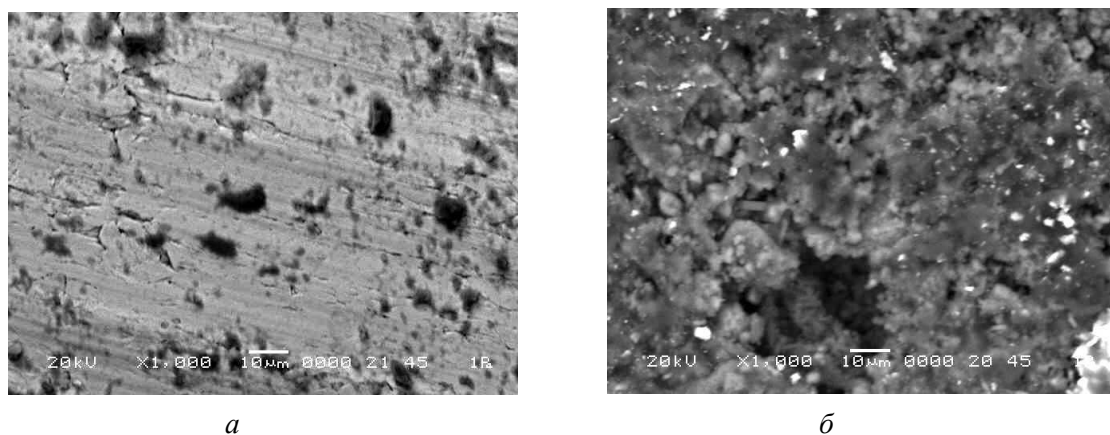


Рисунок 1 – Микроструктура поверхности необработанной фибры, извлеченной из бетона, (*a*) и ее следа в бетоне (*б*)

Из микрофотографии поверхности следа от необработанной фибры в бетоне (рис. 1 *б*) видно, что контактирующий с фиброй слой бетона имеет плотную структуру, а цементный камень сформирован мелкими кристаллитами с размерами зерна 1–5 мкм, среди которых встречаются отдельные игольчатые кристаллы размерами 8–12 мкм. Присутствуют также отделившиеся от поверхности фибры микрочастицы стали (светлые фрагменты) размерами 1–10 мкм. Поскольку при извлечении фибр не выявлено их сцепления с бетоном, можно заключить, что отделение этих частиц обусловлено наличием легко отделяющихся фрагментов в проволоке фибр, поскольку эти частицы не оказывали анкерующего действия.

По данным микрорентгеновского анализа, исходя из полученного элементного состава, можно заключить, что основными фазами в граничном слое бетона являются алитовая и белитовая. Обнаружено наличие железа в количестве около 5 ат.%, что подтверждает присутствие на границе раздела частиц стали, отделившихся от фибры.

При извлечении из бетона фибр, обработанных анкерующей антикоррозионной композицией, установлено, что фибра из бетона извлекалась с усилием, а на ее поверхности присутствуют фрагменты цементного камня. Микрофотография фибры, извлеченной из бетона, приведена на рисунке 2 *a*.

Покрытие из анкерующей композиции сформировано слоями шириной от 5 до 25 мкм, идущими вдоль оси проволоки фибр. После извлечения фибр из бетона структура покрытия немного нарушается в результате взаимодействия с цементным тестом в период его схватывания и частичного растворения слоя анкерующего покрытия. На поверхности фибр имеются частицы цементного камня, и можно предположить, что при отделении фибры от бетона разрушение происходит по цементному камню. Обработка фибр анкерующей композицией существенно усиливает сцепление фибр с бетоном [2], то есть силикатная структура цементного камня не ослабляется, а прочность контактной зоны между цементным камнем и анкерующим покрытием на фибре не ниже, чем прочность самого цементного камня.

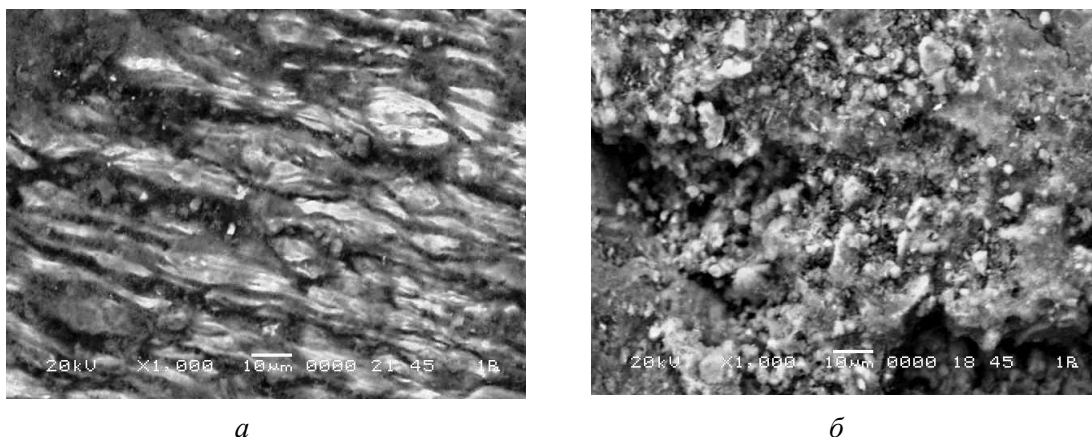


Рисунок 2 – Микроструктура поверхности фибры, обработанной антикоррозионной композицией, после извлечения из бетона (а) и ее следа в бетоне (б).

Из микрофотографии следа в бетоне от фибры, обработанной антикоррозионной композицией (рис. 2 б), видно, что цементный камень сформирован кристаллитами размером 1–5 мкм и их сростками в агломераты размером до 50 мкм. Видны следы отделения фибры с разрушением по слою цементного камня в виде впадин и трещин. Микрорентгеновский анализ поверхности фибры, извлеченной из бетона, показал, что содержание кальция и кремния в поверхностном слое, по сравнению с составом покрытия на фибре до закладки в бетон, значительно выше, что подтверждает присутствие цементного камня. Анализ области контакта слоя бетона и фибры, обработанной анкерующей композицией, показал увеличенное содержание кремния, фосфора и цинка. Можно предположить, что частицы глины, содержащие фосфаты цинка и железа, достаточно глубоко проникают в цементный камень в процессе его формирования, что обеспечивает его химическое сцепление с анкерующей композицией на поверхности фибры. Глина в анкерующей композиции увеличивает количество коллоидных частиц на границе контакта между цементным тестом и поверхностью фибры, повышая адгезионную способность цемента.

Список использованных источников

1. Технология бетона. Сцепление цементного камня с заполнителями (2006), режим доступа: [http:// www.bibliotekar.ru / spravochnik-121-beton/5.htm](http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-121-beton/5.htm) (дата доступа: 24.09.2018).
2. Матвейко, Н. П., Зарапин, В. Г., Артимович, В. С. Модифицирование поверхности стальной фибры для дисперсного армирования бетона // Вестник ВГТУ. – 2017. – Вып. 32. – С. 171–178.

УДК 541.183.2.678

ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ: ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА

Зоткина А.Н., асс.

*Белорусский государственный экономический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Ключевые слова: нанокompозит, наночастицы, нановолокна, наноглины, нанотрубки, нанопластины.

Реферат. В работе рассмотрено понятие полимерных нанокompозитов, их достоинства и важность использования. Раскрывается ассортимент наноразмерных наполнителей и их свойства и применение. Отмечены особенности нановолокна полиэдрального олигомерного