

А. П. ПРИХОДЬКО, Е. С. ХАРЧЕНКО (ПГАСА, Днепропетровск)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СЦЕПЛЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ВОССТАНАВЛИВАЕМЫМИ АРХИТЕКТУРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЗДАНИЙ

У статті наведено основні результати досліджень процесів зчеплення модифікованих полімерних композицій з архітектурними елементами будівель, що відновлюються. Показано процеси, що відбуваються в контактній зоні полімерного розчину з ремонтною поверхнею, вивчено вплив стану ремонтної поверхні на міцність зчеплення з полімерним розчином.

Ключові слова: модифіковані полімерні композиції, контактна зона, полімерний розчин

В статье приведены основные результаты исследований процессов сцепления модифицированных полимерных композиций с восстанавливаемыми архитектурными элементами зданий. Показаны процессы, происходящие в контактной зоне полимерного раствора с ремонтируемой поверхностью, изучено влияние состояния ремонтируемой поверхности на прочность сцепления с полимерным раствором.

Ключевые слова: модифицированные полимерные композиции, контактная зона, полимерный раствор

In the article the basic research results of adhesion processes of modified polymeric compositions with the recovered architectural elements of buildings are presented. The processes taking place in the contact area of polymeric solution with the repaired surface are shown; the influence of the repaired surface state on strength of adhesion with the polymeric solution is studied.

Keywords: modified polymeric composition, contact area, polymeric solution

Експлуатаційні характеристики гетерогенних систем, такими являються омоноличені полімерними адгезивами бетонні і залізобетонні споруди, визначаються як властивостями і природою з'єднуються матеріалів – субстрата і адгезива, так і комплексом явлень, визначаючих процес склеювання. Основу склеювання складає адгезія, тому для направленої управління експлуатаційними параметрами полімерних композицій необхідно забезпечити контроль над явленнями, що відбуваються при формуванні адгезійних зв'язей між бетоном елемента споруди і полімерним адгезивом [1, 2].

На адгезійні і когезійні властивості полімерів велике вплив мають ряд технологічних факторів і їх різноманітне поєднання. Різниця в температурних коефіцієнтах лінійного розширення полімера і відновлюваного матеріалу, іноді приводить до руйнування з'єднання, може бути зменшена заповнювачем і модифікатором [3–5].

Поверхність бетону або цементного каменя в основному складає з SiO_2 . Насправді, в портованому цементі міститься приблизно 20 % SiO_2 , заповнювачем в бетонах і розчинах слугує кварцевий пісок. С тетрадрами кремній

кислородної сітки структурно пов'язані поверхнісними гідроксильними групами.

Високою адгезією до бетону і розчину володіють полімери, що містять гідроксильні, карбоксильні, епоксидні і інші полярні групи. Ці групи здатні забезпечувати водородні зв'язі з поверхнісними гідроксилами, а також іон-дипольне і особливо хімічне взаємодія.

Проведеним аналізом літературних даних встановлено, що, незважаючи на значительні успіхи, досягнуті в області дослідження адгезійних взаємодій, до настоящего часу не створена єдина теорія склеювання матеріалів.

Одна з перших теорій – механічна – пояснює процес склеювання проникненням клею в пори склеюваних поверхніс. При цьому вважається, що міцність адгезії залежить від площі поверхніс і форми пор. Ці фактори грають важливу роль при з'єднанні пористих матеріалів. Но ця теорія не пояснює процес склеювання гладких непористих поверхніс. В випадку якщо поверхніс гладка і непориста, міцність склеювання визначається специфічним сродством склеюваної плівки і матеріалу і міцно-

стью пленки на разрыв после отвердевания. В общем случае на прочность склеивания оказывают влияние оба фактора: специфическое сродство склеивающей пленки и материала и проникание клея в поры.

В последующем высказывалось мнение о том, что в ряде случаев между клеем и склеиваемыми поверхностями происходят химические реакции, поэтому склеивающее действие изучалось как с точки зрения самого клея, так и склеиваемых материалов. Кроме того, большое значение придавалось поверхностным явлениям. Предполагалось, что на взаимодействие между клеем и поверхностью можно оказывать влияние с помощью адсорбционных слоев ориентированных молекул, названных «молекулярным припоем». При этом значительное место отводится смачиваемости, причем отмечается, что склеивать могут только те клеи, которые смачивают соединяемые поверхности; смачивание увеличивается при введении в состав клеевого соединения поверхностно-активных добавок, которые будут адсорбироваться на границе раздела «адгезив–субстрат».

Широким признанием пользуется адсорбционная теория (теория межмолекулярных сил), объясняющая адгезию и когезию главным образом взаимодействием сил Ван-дер-Ваальса между молекулами твердых тел и рассматривающая адгезию как поверхностный процесс. Согласно этой теории, высокая адгезия возможна в тех случаях, когда обе поверхности материалов либо полярны, либо неполярны и адгезия затруднена, когда одна поверхность полярна, а другая неполярна. Основным фактором, определяющим склеивание, является химический характер склеиваемых поверхностей. Образование прочного клеевого шва объясняется как результат действия специфических молекулярных сил физико-химического характера.

Согласно диффузионной теории, предложенной С. С. Воюцким, адгезия обеспечивается образованием цепочечной связи между клеем и склеиваемым веществом. Основные положения этой теории связаны со строением полимеров и наличием в их составе полярных групп.

Б. В. Дерягин и Н. А. Кротова разработали электрическую теорию адгезии на основании представлений о двойном электрическом слое, возникающем у поверхности раздела пленки и основания в момент пленкообразования. Причиной адгезии считается наличие сил электри-

ческого происхождения, действующих между молекулами, атомами, ионами. При этом основная роль отводится химической природе вещества. Следует отметить, что эта теория не находится в большом противоречии с адсорбционной теорией адгезии.

Однако ни одна из существующих теорий – механическая, адсорбционная, молекулярная, химическая, диффузионная – не могут в полной мере объяснить многообразие и специфичность явлений, развивающихся на различных стадиях склеивания. Затрудняет создание единой теории адгезии также тот факт, что основное внимание исследователей переносится на анализ роли отдельных явлений, обуславливающих закономерности процесса склеивания, в частности, определяется влияние реологических свойств полимеров, состояния поверхности субстрата, межфазных взаимодействий на качество адгезионной связи. Как следствие, специфика соответствующих процессов требует акцентирования на определенных явлениях в рамках концепции или теории. В то же время, каждая из существующих теорий адгезионного взаимодействия, раскрывая лишь один из аспектов сложного явления склеивания, позволяет определить пути направленного регулирования адгезионных свойств полимерных материалов, что может быть использовано при разработке и оптимизации рецептур инъекционных полимерных растворов с заданными свойствами.

С учетом того, что цементный камень бетона сооружений содержит в составе SiO_2 , с которым структурно связаны гидроксильные группы, полимерные инъекционные растворы должны содержать компоненты, обладающие дифильными свойствами, что обеспечит повышение избирательной смачиваемости и обменной адсорбции. Увеличение молекулярного контакта может быть достигнуто при нанесении адгезива в растворе, а также при повышении температуры при склеивании. Для улучшения адгезионных свойств и повышения релаксационной способности полимерных композиций в их состав эффективно введение модификаторов структуры, в частности, синтетических каучуков. Эти добавки оказывают легирующее действие, находясь в составе композиции в виде гетерофазных включений. На прочность адгезионных связей оказывают влияние строение и масса молекул полимеров, причем

отсутствие разветвлений в цепи молекул повышает прочность сцепления.

Проведенные исследования поверхностных явлений, возникающих при взаимодействии цементного камня с полимерами на микрошлифах, показали, что контактный слой цементного камня с полимеррастворами на основе эпоксидных, полиэфирных смол не имеет новообразований между полимером и продуктами гидратации цемента. Под микроскопом отчетливо видно, что полимер хорошо заполняет все шероховатости и поры цементного камня. Граница между полимером и цементным камнем четкая, переходной слой отсутствует (рис. 1).

Для обеспечения эффективного ремонта и защиты архитектурных элементов зданий и сооружений важно обеспечить хорошую адгезию эпоксидного раствора с поверхностью старого бетона. При этом необходимо, чтобы в процессе эксплуатации полимеррастворный камень не потерял своих адгезионных свойств.

Ратинов считает, что при омоноличивании бетонных конструкций полимерными составами химическое взаимодействие отсутствует, и прочность склеивания обеспечивается только адгезионными силами. Таким образом, исследования сводятся к изучению адгезионных свойств оптимальных составов полимеррастворов к ремонтируемым поверхностям.

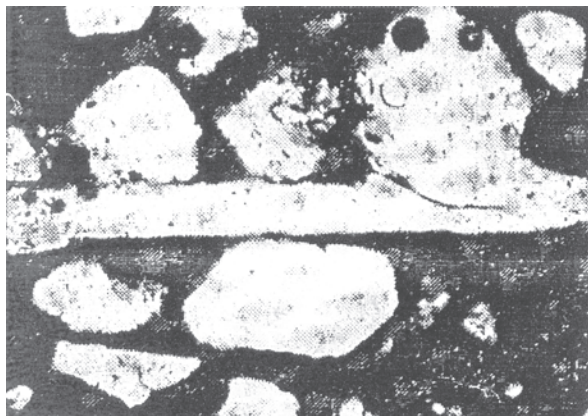


Рис. 1. Микрофотография контактного слоя цементного камня и модифицированного эпоксидного полимера ($\times 41$)

Технологические факторы также оказывают существенное влияние на адгезионные и когезионные свойства инъекционных полимерных композиций. К ним относятся состояние поверхности субстрата, толщина полимерного слоя, температура и влажность окружающей среды, т.е. те факторы, которые могут регулироваться в зависимости от условий применения полимерного материала. Основные требования

к полимерным композициям состоят в определении пределов допустимой вариации численных значений их основных структурных параметров: прочности при сжатии, растяжении и изгибе, модуля упругости, коэффициента линейного расширения, а также адгезионной прочности к бетону. В общем случае установление таких пределов производится путем вынесения компромиссного решения, при котором показатели деформативных свойств полимерных композиций должны быть близки к аналогичным показателям бетона ремонтируемого сооружения. При этом адгезионная прочность материала должна быть максимально высокой, не ниже прочности при растяжении бетона, а показатели долговечности должны быть не ниже показателей для бетона сооружения. Исходя из этого, можно определить требования к основным конструкционным параметрам полимерной композиции, что позволит в свою очередь их оптимизировать.

Для получения результатов по адгезионной прочности к бетону использовали образцы с площадью контакта, равной 5, 10, 20 см². Кроме того, испытания производились на гладкой и шероховатой поверхности. Для получения шероховатой поверхности образцы обрабатывали напильником, затем обезжировали, после чего наносили слой эпоксидного материала. Испытания на разрыв производили на 7 срок после склеивания. По данным проведенных экспериментов были построены кривые адгезии, представленные на рис. 2.

Можно отметить следующие закономерности: адгезия к шероховатой поверхности выше, чем к гладкой.

Приведенные экспериментальные данные показывают, что разработанные модифицированные эпоксидные полимеррастворы на основе смолы ЭД-22 являются надежными восстановительными и защитными материалами для декоративных элементов зданий и сооружений.

Исследования показали, что там, где отсутствуют химические связи, и взаимодействие обуславливается образованием водородных и слабых дипольных связей, адгезионная прочность оказывается значительно ниже.

Вместе с тем отмечается, что адгезия различных полимеров к щелочному стеклу (15 % NaO) обычно ниже, чем к силикатным стеклам других марок. Поэтому, если учесть, что поверхность цементного камня состоит из зерен кварца и гидратированного цемента, то адгезия полимера не будет равнопрочна по контакту

адгезива и субстрата. Наибольшую адгезию следует ожидать в точках контакта полимера с SiO_2 .

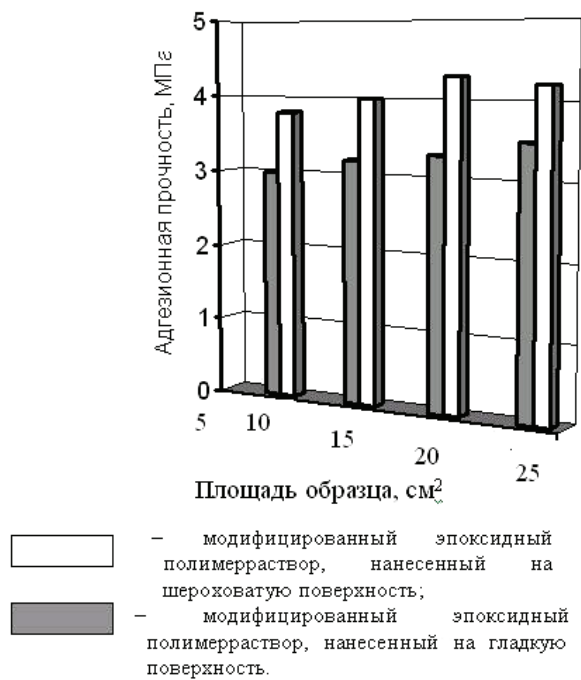


Рис. 2. Зависимость адгезионной прочности эпоксидных модифицированных полимеррастворов от типа бетонной поверхности

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДБН Д.2.2-13-99. Захист будівельних конструкцій та устаткування від корозії [Текст]. – Введ. 01.02.2000. – К.: Держбуд України, 2000. – 88 с.
2. Пахаренко, В. А. Переработка полимерных композиционных материалов [Текст] / В. А. Пахаренко, Р. А. Яковлева, А. В. Пахаренко. – К.: Воля, 2006. – 552 с.
3. Выровой, В. Н. Особенности структурообразования и формирования свойств полимерных композиционных материалов [Текст] / В. Н. Выровой, И. В. Довгань, С. В. Семенова. – О.: ТЭС, 2004. – 168 с.
4. Елшин, М. М. Полимербетоны в гидротехническом строительстве [Текст] / М. М. Елшин. – М.: Стройиздат, 1980. – 192 с.
5. Соломатов, В. И. Полимерцементные бетоны и пластбетоны [Текст] / В. И. Соломатов. – М.: Стройиздат, 1988. – 346 с.

Поступила в редколлегию 02.12.2010.
Принята к печати 08.12.2010.