

А. Н. ПШИНЬКО, А. В. КРАСНЮК (ДИИТ),  
Л. С. САВИН (ПГАСА), В. В. ПАЛИЙ (Укрзализныця)

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С БЕТОНОМ

В статье приведен анализ факторов влияющих на прочность сцепления полимерных композиций с бетоном. Описан механизм сцепления полимерных композиций с бетоном и степень влияния на сцепление различных факторов.

В статті наведено аналіз факторів, що впливають на міцність при зчепленні полімерних композицій з бетоном. Описано механізм зчеплення полімерних композицій з бетоном та ступінь впливу на зчеплення різних факторів.

In article is brought analysis factor influencing upon toughness of the traction polymeric composition with concrete. The Described mechanism of the traction polymeric composition with concrete and level on traction different factor.

При определении технологии защиты конструкций сооружений от агрессивных воздействий окружающей среды важное значение имеет обеспечение высокой степени адгезии ремонтных растворов к бетону восстанавливаемого элемента. При этом требования, предъявляемые к полимерным адгезивам, зависят от ряда факторов, к которым относятся прочность и конструктивные особенности сооружения, тип конструкции, схема приложения нагрузок, характер и вид повреждений, условия дальнейшей эксплуатации сооружения.

Полимерные материалы, применяемые для восстановления несущей способности конструкций сооружений специального назначения, выбираются таким образом, чтобы они обладали следующими свойствами: высокой степенью адгезии к бетону сооружения, достаточной когезионной прочностью, способностью воспринимать и гасить возникающие в процессе эксплуатации напряжения, сохранять совместимость с омоноличиваемым материалом при изменении параметров окружающей среды в течение проектного периода эксплуатации сооружения, а также технологичностью применения. К дополнительным требованиям к полимерным адгезивам относятся нейтральность к склеиваемым материалам, что выражается в исключении возможности развития коррозионных процессов, достаточная стойкость к действию агрессивных сред, универсальность отверждения (в широком температурном диапазоне без дополнительного давления), близкие значения деформативных характеристик с бетоном сооружения, а также способность к релаксации возникающих напряжений [1, 2].

Эксплуатационные характеристики гетерогенных систем, какими являются омоноличенные полимерными адгезивами бетонные и железобетонные сооружения, определяются как свойствами и природой соединяемых материалов – субстрата и адгезива, так и комплексом явлений, определяющих процесс склеивания. Основу склеивания составляет адгезия, поэтому для направленного управления эксплуатационными параметрами полимерных композиций необходимо обеспечить контроль над явлениями, происходящими при формировании адгезионных связей между бетоном элемента сооружения и полимерным адгезивом.

Проведенным анализом литературных данных установлено, что, несмотря на значительные успехи, достигнутые в области исследования адгезионных взаимодействий, до настоящего времени не создана единая теория склеивания материалов [3].

Одна из первых теорий – механическая – объясняет процесс склеивания прониканием клея в поры склеиваемых поверхностей. При этом считается, что прочность адгезии зависит от площади поверхности и формы пор. Эти факторы играют существенную роль при соединении пористых материалов. Но эта теория не объясняет процесс склеивания гладких непористых поверхностей. В случае если поверхность гладкая и непористая, прочность склеивания определяется специфическим средством склеивающей пленки и материала и прочностью пленки на разрыв после отвердевания. В общем случае на прочность склеивания оказывают влияние оба фактора: специфическое средство склеивающей пленки и материала и

проникание клея в поры [3, 4].

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» [4, 5]. 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 [6].

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 [7]. 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 [8], 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 [9]. Причиной адгезии считается наличие сил электрического 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 адсорб-

ционной 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  $\text{SiO}_2$ , с которым структурно связаны гидроксильные группы, полимерные 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.

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 инъекционным 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.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухарева Л. А. Высокомолекулярные соединения / Л. А. Сухарева, В. А. Воронцов, П. И. Зубов. – М.: Химия, 1986. – 356 с.

2. Соломатов В. И. Полимерцементные бетоны и пластбетоны. – М.: Стройиздат, 1988. – 346 с.
3. Хувинк Р. Химия и технология полимеров / Р. Хувинк, А. Ставерман. – М.-Л.: Химия, 1986. – 632 с.
4. Патуроев В. В. Руководство по методам испытания полимербетона на химическую стойкость / В. В. Патуроев, Н. А. Мощанский. – М.: НИИЖБ, 1982. – 34 с.
5. Воюцкий С. С. Аутогезия и адгезия высокополимеров. – М.: Стройиздат, 1986. – 244 с.
6. Черкинский Ю. С. Полимерцементный бетон. – М.: Госстройиздат, 1960. – 432 с.
7. Соломатов В. И. Защита бетонных поверхностей полимерными покрытиями // Строительные материалы. – 1982. - № 7. – С. 13-15.
8. Борисов Б. И. О количественной оценке защитного действия полимеров от различных агрессивных жидкостей // Пластические массы. – 1985. - № 4. – С. 50-52.
9. Микульский В. Г. Сцепление и склеивание бетона в сооружениях / В. Г. Микульский, Л. А. Игонин. – М.: Стройиздат, 1965. – 128 с.

Поступила в редакцию 08.12.2007.