

Золотов С.М., к.т.н., доцент, Скрипник Е.С., аспирант (Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков)

ЗАВИСИМОСТЬ АДГЕЗИИ АКРИЛОВОГО КОМПАУНДА ОТ ЕГО СОСТАВА И ПОВЕРХНОСТИ СУБСТРАТА.

Рассматривается влияние микрорельефа поверхности субстрата на адгезионные свойства акрилового компаунда. Получены некоторые данные по параметрам краевых углов смачивания на различных поверхностях.

Paper treats the effect of the substrate surface microrelief on the acrylic compound adhesion properties. Aim is to obtain some evidence of contact angles on different surfaces.

Из практики известно, какое влияние оказывает смачивание на результаты склеивания [1-2]. Адгезия и смачивание — это две стороны одного и того же явления, возникающего при контакте клея с твердой поверхностью. Адгезия обуславливает взаимодействие между субстратом и находящимся в контакте с ним адгезивом, а смачивание — это явление, которое имеет место в результате этого взаимодействия.

В связи с широким применением для соединения элементов строительных конструкций типа сталь-бетон [3] (клеевая анкеровка стальных стержней в бетон; соединения стальбетон) и бетон-бетон [4] (старого со старым; старого с новым) акриловых клеев различных составов были определены показатели смачивания адгезива с учетом его состава и рельефа поверхности субстратов.

Для создания надежного соединения необходимо учитывать равномерность покрытия склеиваемой поверхности адгезивом. На этот показатель существенное влияние оказывает степень смачивания клеем поверхности субстрата [5]. Степень смачивания выражается углом смачивания, который называется краевым углом смачивания θ (далее для краткости будет использоваться вместо «краевой угол смачивания» — «краевой угол»).

Краевой угол является мерой смачивания поверхностей. Если он меньше 90° , т. е. $\theta < 90^\circ$, то твердые поверхности хорошо смачиваются. При $\theta > 90^\circ$ происходит ограниченное смачивание поверхностей [6].

Определение зависимости смачивания от состава клея и шероховатости поверхности субстрата является важным для разработки технологии создания клеевых соединений строительных элементов. В качестве связующего в акриловых композициях применяется акриловый компаунд холодного отверждения. Компаунд состоит из двух частей: полимера в порошке (суспензионный полиметилметакрилат, содержащий 1,0% пероксида

бензоила) и отвердителя (метилловый эфир метакриловой кислоты). Он представляет собой жидкий мономер, дополнительно содержащий активатор (3,0% диметиланилина) и ингибитор (0,02% гидрохинола).

Теоретически значение угла смачивания рассчитать не представляется возможным из-за сложности определения поверхностных натяжений на границе раздела фаз [7]. Поэтому экспериментально для акрилового компаунда было определено методом непосредственного измерения краевого угла по форме капли находящейся на твердом субстрате.

В качестве субстрата приняты бетонная и стальная поверхности. Каплю проектируют на экран рис.1, добиваясь максимальной резкости в изображении контура капли. При измерении краевого угла, таким образом,

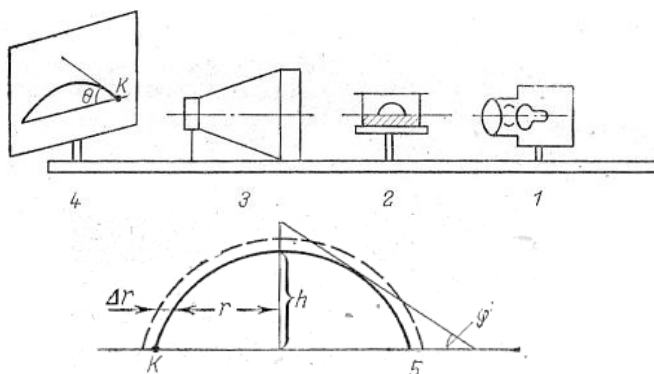


Рис.1. Схема установки для определения краевого угла:
1-источник света; 2-испытываемая поверхность; 3-увеличитель;
4-экран;5-контур капли.

была произведена фотофиксация. На снимках проводилась, касательная в точке пересечения контура капли с субстратом и измерялся угол наклона этой касательной. Возможная ошибка измерения краевого угла может составлять 3-50. Это связано с гистерезисом нанесенной капли [8], неоднородностью ее поверхности в разных плоскостях, а так же плохим контролем шероховатости поверхности.

В связи с изменениями гистерезиса смачивания капли компаунда, для каждой проекции было произведено измерение краевого угла с левой и правой стороны [7]. Фиксация значений происходила во времени: через 20с; 60с; 300с. Из полученных в результате опыта значений углов вычислено среднее для данного сочетания «компаунд-субстрат». Влияние состава компаунда на угол смачивания клея исследовали путем изменения количества отвердителя от 30 до 70 %. Для опытных испытаний было принято 5 составов акрилового компаунда.

Составы акрилового компаунда

Номер состава	Количество полимера %	Количество отвердителя %
1	30	70
2	40	60
3	50	50
4	60	40
5	70	30

Полученные данные (рис.2) свидетельствуют об увеличении угла смачивания при повышении количества полимера в компаунде, что негативно сказывается на адгезии к поверхности. Так же в составах,

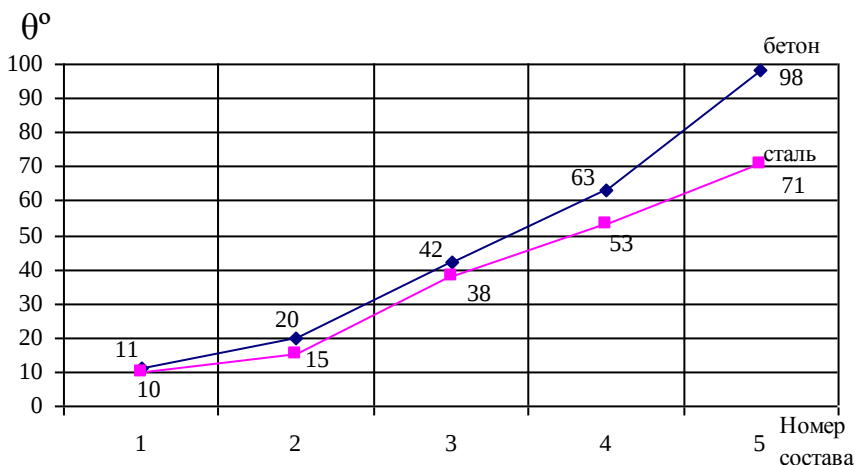


Рис.2. График зависимости краевого угла смачивания от состава компаунда

в которых количество отвердителя или полимера превышает 60%, имеются технологические недостатки, так при высоком содержании отвердителя время ожидания начала реакции полимеризации компаунда (сметанообразной консистенции), увеличивается, что не совсем благоприятно для технологии нанесения клея на субстрат и структуры затвердевшего компаунда. В этом случае затвердевший компаунд имеет рыхлую неоднородную структуру из-за испарения летучих веществ содержащихся в составе отвердителя и сильных внутренних напряжений. При высоком содержании полимера угол смачивания превышает 90° , что характеризует

ограниченное смачивание поверхности субстрата.

В рамках механической теории [9] смачивание поверхности субстрата является условием достаточной адгезионной прочности и кроме того, вязкий адгезив при смачивании должен обеспечивать вытеснение воздуха из зоны контакта и заполнение выемок поверхности субстрата тем самым обуславливая формирование фактической зоны контакта между адгезивом и субстратом.

Если принять что основой адгезии являются взаимодействия на границе раздела фаз, становится очевидным, что сумма взаимодействий должна рассматриваться относительно площади контакта. Что в соответствии с основополагающим равенством (1) приводит к росту числа связей и адгезии в целом:

$$W_A = \overline{W}N, \quad (1)$$

где W_A – работу адгезии; $\overline{W}$ – средняя энергия единицы связи, определяющая адгезию; N – число связей, приходящееся на единицу.

Таким образом, смачивание шероховатых поверхностей имеет ряд особенностей на рис.3., заштрихованная поверхность характеризует площадь контакта с поверхностью, θ''' – краевой угол смачивания шероховатой поверхности θ – краевой угол смачивания. При заполнении неровностей субстрата увеличивается краевой угол смачивания.

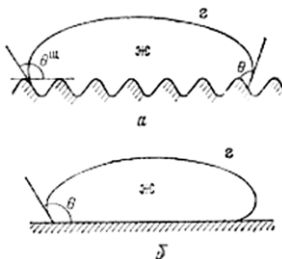


Рис.3. Капля жидкости на шероховатой (а) и гладкой (б) поверхности.

В соответствии с указанным выше и выражением (1) неровности шероховатой поверхности (рис.3, а) приводят к увеличению площади фактического контакта жидкости с твердым телом по сравнению с гладкой поверхностью (рис.3, б). Рост площади фактического контакта приводит к пропорциональному увеличению удельной свободной поверхностной энергии шероховатой поверхности в сравнении с гладкой.

Экспериментальные данные, показывают, что угол смачивания на металлической поверхности (рис.4, б) ниже бетонной (рис.4, а), это характеризует их различную структуру. Так как бетон имеет более шероховатую поверхность, то он имеет более высокий угол смачивания.

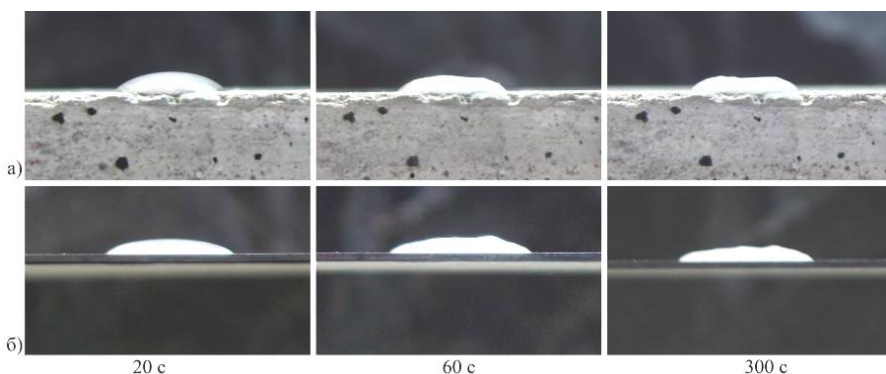


Рис. 4. Отверждение капли акрилового компаунда на бетонной (а) и стальной поверхности (б)

Постепенное увеличение угла смачивания на бетонной поверхности охарактеризовать проникновением адгезива в шероховатости субстрата и внутренними напряжениями в самом компаунде. На металлической поверхности шероховатостей меньше, это увеличивает действия внутренних напряжений в компаунде, что может привести к разрушению соединения, соответственно для улучшения адгезии необходимо увеличить шероховатость «гладкой» поверхности стали и очистить от загрязнений.

Специфические свойства такого субстрата как бетон, могут привести к увеличению количества пустот, а соответственно и зон концентрации напряжений [10], поэтому необходимо более высокое смачивание компаундом данной поверхности, и предварительная технологическая очистка поверхности от загрязнений. Известно, что пустоты или слабые граничные материалы увеличивают на периферии дефекта приложенную на удалении силу. Очень часто это вызывает рост дефекта. Если для материала не характерен механизм поглощения энергии, этот материал разрушается при нагрузках, меньших (или иногда даже намного меньших) чем теоретическая прочность материала. Но как показывают данные [11,12] воздушные включения устраняются, так как акриловый клей содержит отвердитель (метиловый эфир метакриловой кислоты) с низким поверхностным натяжением. Более того неровности на поверхности подложки не оказывают серьезного влияния на удаление воздуха, так как они заполняются клеем.

Следовательно, выбор оптимального состава компаунда необходим как важный фактор для получения удовлетворительного смачивания и является одним из способов исключения появления дефектов на границе раздела, чтобы прочность клеевого соединения оказалась максимально близкой к теоретической прочности.

Тесный контакт клея с поверхностью субстрата можно получить в том случае, когда он самопроизвольно растекается по поверхности, обеспечивая максимальный контакт на границе раздела и уменьшая до минимума соприкосновение с другими фазами.

Для получения клеевого состава с оптимальными характеристиками смачивания необходимо использовать компаунд, в котором содержится от 60 до 50% овердителя в зависимости от поверхности склеивания. Данные составы нуждаются в дальнейшем исследовании.

1. Ковачич Л. Склеивание металлов и пластмасс. М.: Химия, 1985, –с.240.
2. Поциус А.В. Клеи, адгезия технология склеивания: пер. с англ. –СПб: Профессия, 2007. – 376с.
3. Золотов С.М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций // Будівельні конструкції: Зб. наук. праць. Вип. 59. –К.: НДІБК, 2003. –С.440-447.
4. Торкатюк В.И., Золотова Н.М. Склеивание старого бетона с новым // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.42. –К.: Техника, 2002. –С.92-98.
5. Золотов С.М., Скрипник Е.С. Влияние физико-механических факторов на адгезионные свойства акриловых клеев // Материалы IX Международной научно-технической интернет-конференции «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве». – Харьков: ХНАГХ, 25ноября-25 декабря 2009г. – С. 22-24.
6. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. М.:Химия,1974. –416с.
7. Скрипник Е.С., Золотов С.М. Влияние состава компаунда акрилового клея на его адгезионные свойства// Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.95. –К.: Техника, 2010. –С.445-450.
8. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. – М.: Химия, 1977. – 351 с.
9. Вильнав Ж.-Ж.. Клеевые соединения: пер. с фр. –М.: Техносфера, 2007. – 384с.
10. Золотов С.М., Скрипник Е.С. Изменение смачивания акриловым компаундом различных поверхностей // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 56, – Днепропетровск, ПГАСА, 2010. – С.499-504.
11. Золотов С.М. Зависимость адгезионных свойств акриловых клеев от их состава // Материалы VIII Международной научно-технической интернет-конференции «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве». – Харьков: ХНАГХ, 2008. – С.12-14.
12. Скрипник Е.С., Золотов С.М. Акриловые клеи как полимеры // Материалы XXXV научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства «Строительство, архитектура, экология, общественные науки» –Харьков: ХНАГХ, 21-23 апреля 2010г. Часть1. –С.71-72.