

АДГЕЗИЯ ПО ГОСТУ



Автоматический адгезиметр
методом отрыва Elcometer 510



ДМИТРИЙ КОЗЛОВ,
президент Общероссийского
центра антикоррозии (ОРЦА)

<http://www.oo2.ru>

Адгезия – явление взаимодействия на границе раздела между твердой поверхностью и другими материалами за счет молекулярных сил. Тогда как когезия – это внутренние силы, которые связывают покрытие в одно целое. Не следует путать адгезию с когезией. Следовательно, чем прочнее связи между пленкой лакокрасочного материала и подложкой, тем выше качество нанесенного покрытия.

Зачастую, измерение адгезии системы покрытия после ее нанесения и полного отверждения регламентируется технологическими картами. Иногда требуется измерить адгезию старого лакокрасочного покрытия, которое эксплуатировалась в течение нескольких лет, для того чтобы определить возможность его дальнейшего использования или перекрашивания. В любом случае важно провести тестирование адгезии должным образом, иначе можно получить ошибочные

результаты. Из настоящей статьи вы узнаете, как выполнить два различных типа испытаний адгезии: сдвига/растяжения или отрыва. Требования к адгезии зависят от условий последующей эксплуатации и учитываются в спецификации на ЛКМ.

При выполнении теста на адгезию прочность покрытия измеряется в различных плоскостях: 1) тестируется адгезия системы покрытия к подложке; 2) тестируется адгезия слоев покрытия друг к другу (при наличии более одного

Таблица 1. Методы, используемые для проверки адгезии промышленных покрытий

ГОСТ	ISO	Метод
31149	2409	Метод решетчатого надреза Метод определения адгезии (устойчивости к отслаиванию) одно- или многослойного лакокрасочных покрытий и системы покрытий к окрашиваемой поверхности и/или между слоями при решетчатом надрезе (прямоугольная решетка). Надрез должен доходить до окрашиваемой поверхности. Метод не применим при толщине покрытия более 250 мкм.
32702.2	16276-2	Метод Х-образного надреза Метод определения адгезии (устойчивости к отслаиванию) Х-образным надрезом лакокрасочных покрытий, предназначенных для антикоррозионной защиты стальных конструкций. Покрытие должно быть прорезано до окрашиваемой поверхности.
32299	4624	Метод отрыва Определения адгезии методом отрыва лакокрасочных покрытий (одно-, многослойных покрытий или системы покрытий), нанесенных на различные окрашиваемые поверхности

ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА НАНЕСЕННОГО ЗАЩИТНОГО ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ, КРОМЕ ВИЗУАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ НА ПРЕДМЕТ ОТСУТСТВИЯ ДЕФЕКТОВ И ЗАМЕРА ТОЛЩИН НАНЕСЕННОГО ПОКРЫТИЯ, ЧАСТО ТРЕБУЕТСЯ ПРОВЕСТИ БОЛЕЕ СЕРЬЕЗНУЮ ОЦЕНКУ, И В ЭТОМ СЛУЧАЕ ВОЗНИКАЕТ ВОПРОС ОБ АДГЕЗИИ НАНЕСЕННОЙ ЛАКОКРАСОЧНОЙ СИСТЕМЫ.

слоя покрытия). В обоих случаях выполняется проверка прочности сцепления покрытия, или связь слоев друг с другом и подложкой. Также при проведении теста на адгезию одновременно тестируется внутренняя прочность каждого слоя покрытия (когезия).

Адгезия системы покрытия к поверхности сильно варьируется и может зависеть от множества факторов, поэтому не существует единого стандарта, регламентирующего требования к ми-

нимальной адгезии или когезии для определенного типа покрытия. Тем не менее в проектной спецификации может быть указано минимальное значение адгезии в качестве обязательного условия, кроме того, производители покрытий часто сообщают значение адгезии в паспорте качества.

Выбор метода тестирования

Перед проведением теста на адгезию необходимо определиться с методом

тестирования. В спецификации должен быть указан требуемый стандарт измерения, поскольку при испытании адгезии различными методами полученные результаты могут варьироваться. Есть три основных способа проверить адгезию системы покрытий. Все три метода подробно описаны в стандартах ГОСТ и ИСО. В табл. 1 перечислены методы, которые обычно используются для проверки адгезии промышленных покрытий.



Рис. 1. Определение адгезии методом решетчатого надреза

Первые два указанных в таблице метода (ГОСТ 31149 и 32702.2) являются наиболее используемыми, так как для их проведения не нужно специального оборудования, а сами испытания могут быть выполнены оперативно. Для третьего метода (ГОСТ 32299) потребуются специальное оборудование и больше времени. Хотя обычно метод отрыва используют в лабораторных условиях, оборудование, применяемое для проверки прочности сцепления покрытий этим способом, переносное, и тестирование можно проводить как в заводских, так и в полевых условиях.

Приведенные тесты оценивают два адгезионных свойства, используя отличные механизмы тестирования. Методы с применением «ленты и ножа» (ГОСТ 32702.2 и 3114) оценивают сдвиг, или прочность покрытия, в то время как метод отрыва (ГОСТ 32299) используется для оценки предела прочности покрытия, или его сопротивления к перпендикулярной тяге. Поскольку механизмы тестирования различны, результаты испытаний, полученные этими методами, сравнивать нельзя. Кроме того, любой метод определения адгезии является разрушающим и требует восстановления покрытия на поврежденных участках. Поэтому количество измерений согласовывается заинтересованными сторонами и отмечается в документации.

Определение области

Определение тестовой области и количества измерений, пожалуй, – самая трудная часть при проведении испытаний адгезии, особенно при оценке старой системы покрытия, которая подвержена локальному разрушению или перекрашивалась в течение многих лет. Определение количества измерений выходит за рамки данной статьи, тем не менее необходимо



Рис. 2. Тестер адгезии покрытий методом решетчатых надрезов Elcometer 107

провести испытания адгезии в нескольких местах, а также выполнить повторные испытания в каждой области, чтобы убедиться в репрезентативности полученных данные по адгезии.

При тестировании адгезии новой системы покрытий можно минимизировать количество мест, которые подвергнутся испытаниям, чтобы уменьшить количество локального ремонта краски. Необходимо, по крайней мере, 3 раза повторить тестирование в каждой выбранной области. Важно убедиться, что отобранные зоны

свободны от жира, масла, грязи, известковых отложений или воды, которые могут препятствовать адгезии ленты.

На плоских поверхностях выбирают два контрольных участка на 1 м² и проводят по три измерения толщины полученного покрытия. На решетчатых поверхностях выбирают четыре контрольных участка на каждый квадратный метр длины и проводят по три измерения. Для каждого типа поверхности высчитывают среднее значение толщины покрытия.

Перед тем как проверить адгезию системы покрытия, необходимо определить толщину системы покрытий с помощью толщиномера. Это позволит определиться с методом тестирования.

Выбор метода тестирования

На основании толщины системы покрытия нужно выбрать метод испытания (крестообразный или решетчатый надрез). Метод крестообразного надреза используют для проверки адгезии системы покрытия толщиной более 250 мкм. Метод решетчатого надреза применяют для проверки адгезии системы покрытия при толщине менее или равной 250 мкм¹.

Метод решетчатого надреза

Испытания проводят при температуре 23±2 °С и относительной влажности воздуха 50±5% на пластинках с покрытием, полученным стандартным методом. Число надрезов



Рис. 3. Отслаивание покрытия 5 баллов по классификации результатов испытания методом решетчатого надреза

¹ Стандарт ASTM позволяет использовать метод крестообразного надреза для определения адгезии системы покрытия, которая имеет толщину более 250 мкм, при условии внесения некоторых корректив в процедуру тестирования и согласия всех заинтересованных сторон с отклонением от стандартного метода испытаний.

в каждом направлении решетчатого рисунка должно равняться 6. Расстояние между надрезами зависит от толщины покрытия:

- от 0 до 60 мкм – 1 мм;
- от 61 до 120 мкм – 2 мм;
- от 121 до 250 мкм – 3 мм.

Режущий инструмент держат перпендикулярно поверхности и делают 6 параллельных надрезов. Аналогично делают надрезы в перпендикулярном направлении, чтобы получилась решетка (рис. 1).

После нанесения надрезов для удаления отслоившихся кусочков покрытия несколько раз проводят мягкой кистью по поверхности решетки в диагональном направлении (рис. 2). Затем отрезают кусок липкой ленты длиной около 75 мм. Центр ленты помещают на ре-

шетку параллельно одному из направлений надрезов и разглаживают ленту пальцем по поверхности решетки и на расстоянии не менее 20 мм за решеткой. Через 5 минут липкую ленту удаляют, взяв за свободный конец и отрывая плавно в течение 0,5...1,0 с при угле отрыва, близком к 60°. После внимательно исследуют поверхность надрезов испытуемого покрытия невооруженным глазом или с помощью лупы классифицируют в соответствии с приведенными в стандарте иллюстрациями по 6-балльной шкале оценки. При испытании многослойных покрытий указывают поверхность раздела слоев, на которой произошло расслаивание. Адгезия покрытия определяется путем сравнения решетки надрезов с табл. 2, приведенной в ГОСТ 31149.

Метод X-образного надреза²

При толщине покрытия более 250 мкм адгезия определяется в соответствии с ГОСТом 32702.2, методом X-образного надреза, который предназначен для полевого (натурного) использования. Адгезия оценивается в соответствии со шкалой, приведенной в стандарте ГОСТ 32702.2.

На покрытии ножом делают два надреза длиной по 40 мм каждый, которые должны пересекаться примерно посередине с меньшим углом между 30° и 45°. Делать надрезы необходимо используя линейку, прорезая покрытие до металла одним уверенным движением. После потребуется отмотать от липкой ленты кусок длиной 75–120 мм. Наложить центр ленты на пересечение надрезов.

Таблица 2. Классификация результатов испытания адгезии методом решетчатого надреза согласно ГОСТ 31149

Классификация в баллах	Описание	Внешний вид поверхности надрезов с отслаиванием (пример для шести параллельных надрезов)
0	Края надрезов полностью гладкие; ни один из квадратов в решетке не отслоился	
1	Отслоение мелких чешуек покрытия на пересечении надрезов. Площадь отслоений немного превышает 5% площади решетки	
2	Покрытие отслоилось вдоль краев и/или на пересечении надрезов. Площадь отслоений немного превышает 5%, но не более 15% площади решетки	
3	Покрытие отслоилось вдоль краев надрезов частично или полностью широкими полосами и/или отслоилось частично или полностью на различных частях квадратов. Площадь отслоений превышает 15%, но не более 35% площади решетки	
4	Покрытие отслоилось вдоль краев надрезов широкими полосами и/или некоторые квадраты отделились частично или полностью. Площадь отслоений превышает 35%, но не более 65% площади решетки	
5	Любая степень отслаивания, которую нельзя классифицировать 4-м баллом шкалы (рис. 3)	

² Тест на поперечный разрез не может использоваться на термически напыленных покрытиях.



Рис. 4. Оценка результатов испытаний адгезии методом X-образного надреза согласно ГОСТ 32702.2



Рис. 5. Измерение адгезии покрытия методом отрыва

резов так, чтобы дальше лента покрывала меньший угол. Приклеить ленту в обоих направлениях, потереть с усилием пальцами и при помощи карандаша или ластика. Через $90 + 30$ с после приклеивания необходимо снять ленту, захватывая свободный конец, быстрым движением, не дергая, под углом как можно ближе к 180° .

Затем внимательно исследуют поверхность надрезов испытуемого покрытия невооруженным глазом или с помощью лупы и классифицируют в соответствии с приведенными в стандарте иллюстрациями по 6-балльной шкале оценки (рис. 4).

Метод отрыва

При определении адгезии методом отрыва в соответствии с ГОСТом 32299 нужно количественно измерить адгезию покрытия к подложке, используя метод измерения минимального разрывного напряжения, необходимого для нормального отрыва покрытия (рис. 5).

Данный метод регламентируется ГОСТом 32299 (ISO 4624). Испытание проводится в лабораторных условиях путем приклеивания к окрашенной пластине металлических образцов стандартного размера (грибков). После высыхания клея образцы отрываются от пластины специальным приспособлением, позволяющим определить усилие отрыва. Исходя из величины усилия отрыва и площади грибка, определяется величина адгезионной прочности на отрыв в МПа.

Сейчас, когда появились удобные гидравлические приборы и клеи, которые высыхают за 1 час, метод отрыва становится более востребованным, поскольку оценивается не только усилие отрыва, но и его характер (адгезия/когезия, сколько и по какому слою).

На мой взгляд, этот метод становится на объектах все популярнее, многие заказчики требуют именно количественной, а не косвенной оценки адгезии. ■



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство для подготовки инспекторов по визуальному и измерительному контролю качества окрасочных работ. – Екатеринбург: ИД «Оригами», 2009.
2. Козлов Д.Ю. Антикоррозионная защита. – Екатеринбург: ИД «Оригами», 2013.
3. Карманный справочник антикоррозиониста. – Екатеринбург: ИД «Оригами», 2015.
4. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: 3-е изд., перераб. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008.