

УДК 006.86

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ТЕСТИРОВАНИЯ САМОКЛЕЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ

К.А. Мелешко, А.А. Аширбекова*, В.В. Шепелевич, А.Е. Гордиенко, А.П. Пушкарёва, А.А. Аникеенко

АО «ЛИКК» (г. Лунецк, 398024, Россия; *e-mail: ashirbekova@likk.ru)

Поступила в редакцию 12.07.2024

Принята после доработки 16.08.2024

Принята к публикации 18.09.2024

DOI: 10.31044/1813-7008-2025-0-1-35-39

В статье рассматриваются основные показатели качества самоклеящихся материалов и методы их определения. Перечислены международные организации, занимающиеся разработкой стандартов в области тестирования липких лент, а также описаны основные требования к приборам и условиям проведения тестирований.

Ключевые слова: самоклеящиеся материалы, липкие ленты, адгезия, липкость, сопротивление сдвигу.

К основным показателям качества самоклеящихся материалов относятся: адгезия, липкость, сдвиг под воздействием вертикальных нагрузок и температурная устойчивость. Для определения данных показателей в разное время профильными организациями были разработаны методы испытаний, наибольшее распространение из которых получили методики следующих организаций:

- FINAT (European association for the self-adhesive label industry) — международная организация, стандарты которой (кратко — FTM) используются производителями самоклеящихся этикеток и маркировки;
- ISO (Международная организация по стандартизации) — стандарты распространены среди производителей самоклеящихся лент разных регионов мира;
- AFERA (European adhesive tape industry network) — сообщество европейских производителей лент, стандарты которого широко распространены не только в Европе, но и в Азии;
- ASTM (American Society for Testing and Materials) — организация, разрабатывающая и издающая добровольные стандарты для материалов, продуктов, систем и услуг в США — используются производителями самоклеящихся лент по всему миру;

- PSTC (Pressure Sensitive Tape Council) — американский союз производителей липких лент;
- TLMI (Tag and Label Manufacturers Institute) — американская ассоциация производителей липких лент, стандарты которой широко используются европейскими производителями. GB и GB/T — национальные китайские стандарты, которые были разработаны Администрацией по стандартизации Китая (SAC), которая относится к Национальному комитету Китая по ISO и IEC (Международная электротехническая комиссия). При этом часть стандартов носит обязательный, а часть необязательный характер, которые можно различить по применяемым условным обозначениям. Так, стандарты с условным обозначением GB являются обязательными спецификациями, а с обозначением GB/T — рекомендованными. Применяемые в области самоклеящихся материалов стандарты, разработанные SAC, носят рекомендованный характер.

Большинство основных стандартов вышеуказанных организаций гармонизированы друг с другом и могут быть взаимозаменяемыми.

Измерение адгезии (Peel adhesion)

Адгезия — это самопроизвольное прилипание двух различных тел, которые удерживаются

в контакте друг с другом с помощью химических и физических сил или тех и других вместе [1].

Измерение адгезии к стандартным поверхностям (сталь или стекло) проводят при отделении под углом отрыва 90° или 180° по методам FTM-1, FTM-2, AFERA 5001, ISO 29862, ASTM D3330/D3330M-04, GB/T 2792 и другим.

К используемым в испытаниях самоклеящихся материалов стальным полированным пластинам, изготавливаемым в соответствии с требованиями ASTM A666 из стали марок 302 или 304, применяется требование по шероховатости поверхности, равное 50 ± 25 нм Ra. Непосредственно перед началом испытаний пластины очищаются с помощью одного из следующих растворителей:

- диацетоновый спирт (4-гидрокси-4-метил-2-пентанон);
- метанол (95%);
- метилэтилкетон (МЭК);
- n-гептан;
- ацетон.

Размеры стальных пластин, применяемых для определения адгезии под углом отрыва 90° или 180° , должны быть не менее 125 мм в длину и не менее 50 мм в ширину и толщиной не менее 1,1 мм.

На величину сопротивления отрыва влияют состав адгезива, угол отрыва, материал основы ленты, время выдержки после прикатки, скорость отрыва, условия окружающей среды при кондиционировании образцов и проведении испытаний. Методами измерений установлены строгие пределы температуры и относительной влажности окружающей среды, при которых необходимо проводить испытания, поэтому испы-

тательные лаборатории должны быть обеспечены системой контроля и регулирования климата или снабжены климатическими камерами. Так, например, измерение прочности на отслаивание от нержавеющей стали по ISO 29862 Метод 1 проводят при температуре $23 \pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $50 \pm 5\%$. При этом обязательно делают предварительную подготовку, которая заключается в кондиционировании образцов при температуре $23 \pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности $50 \pm 5\%$ [2, 3].

Для определения адгезии используют адгезионные машины, которые обеспечивают проведение испытаний под заданными углами, скоростью и с заданной точностью, например, испытательное оборудование от производителя ChemInstruments — AR-2000 (рис. 1) или универсальная разрывная машина ТТ-2000 [4] (рис. 2).

Также широкое распространение получило испытательное оборудование производства КНР, главным отличием которого является большая универсальность, когда один прибор может совместить в себе несколько задач и использоваться для проведения испытаний по нескольким различным методам.

Испытательное оборудование комплектуется различными тензометрическими датчиками. При выборе тензометрического датчика необходимо следовать следующему принципу: предполагаемая максимальная нагрузка на датчик не должна превышать 95% от номинальной. Испытательное оборудование сконструировано

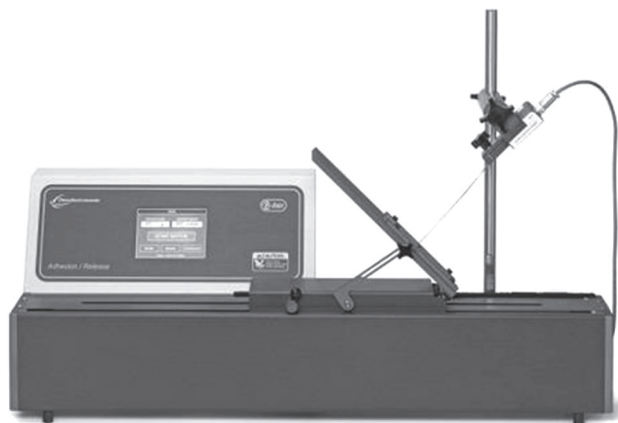


Рис. 1. Прибор для определения адгезии AR-2000 от производителя ChemInstruments



Рис. 2. Универсальная разрывная машина ТТ-2000 от производителя ChemInstruments

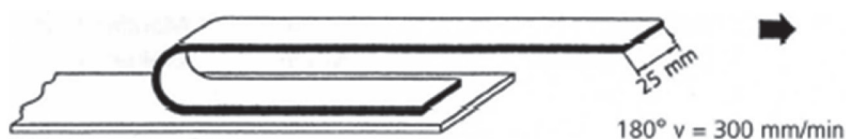


Рис. 3. Измерение адгезии под углом отрыва 180°

таким образом, чтобы пользователь при необходимости мог самостоятельно заменять тензометрические датчики и проводить их калибровку. Допустимая максимальная погрешность измерений не должна превышать 2%.

Сущность метода измерения адгезии заключается в измерении силы, необходимой для отклеивания тестируемого образца от стандартной поверхности под заданным углом с заданной скоростью. Скорость, которая рекомендована методами, равна 300 мм/мин.

Измеряемая адгезия при 90° обычно меньше, чем адгезия при угле отрыва 180°, что позволяет измерять адгезию для материалов, таких как бумага или тонкий полиэтилен, которые имеют меньшую прочность на разрыв или растягиваются при применении усилия (рис. 3, 4).

Измерение липкости

Липкость (Tack) — это способность клея образовывать соединение с измеряемой поверхностью непосредственно после контакта при низком давлении.

Методы измерения липкости следующие:

1) липкость (Quick Stick) может быть измерена как сила сопротивления отделения единицы ширины ленты под углом 90° от стандартной поверхности, к которой эта лента была приклеена под давлением, не превышающим ее собственный вес. Для определения мгновенной липкости руководствуются PSTC-5 или AFERA 4015;

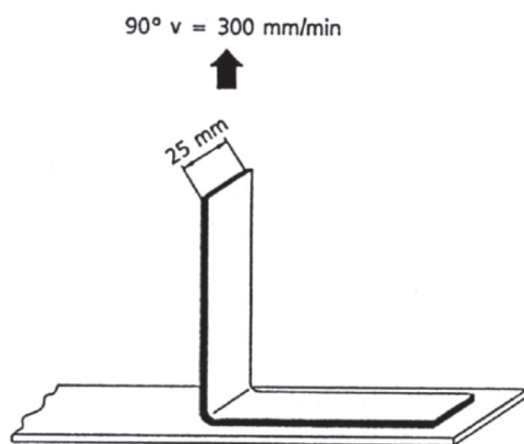


Рис. 4. Измерение адгезии под углом отрыва 90°

2) липкость может быть измерена с помощью катящегося шарика (Rolling Ball Tack) по PSTC-6 или ASTM D3121. Это один из существующих способов определения способности адгезива к быстрому приклеиванию к другим поверхностям. Сущность метода заключается в измерении расстояния, которое пройдет стальной шарик по поверхности адгезива при заданном наклонной поверхности и массой шарика ускорении (рис. 5);

3) «петлевая» липкость, или «липкость петли» (Loop Tack) — наиболее распространенный метод оценки липкости самоклеящихся лент, измерение которой проводят в соответствии с требованиями FTM-9, PSTC-16, ASTM D6195, GB/T 31125, AFERA 5014 и другими. Величина «петлевой» липкости самоклеящихся материалов выражается как сила, требующаяся для отделения при заданной скорости петли материала (адгезивом наружу), который приведен в контакт со стандартной поверхностью, на определенной площади. Поверхность для испытаний составляет 25×25 мм. Именно «петлевая» липкость позволяет определить начальное схватывание различных ламинатов и используется для оценки качества этикеток для автоматического оборудования (рис. 6, 7).

Испытание статического сопротивления самоклеящихся лент на сдвиг (Shear adhesion)

Сдвиговая адгезия позволяет определить способность лент противостоять сдвиговым



Рис. 5. Установка Rolling Ball Tack Tester — RBT-100 от ChemInstruments соответствует требованиям PSTC-6 [4]

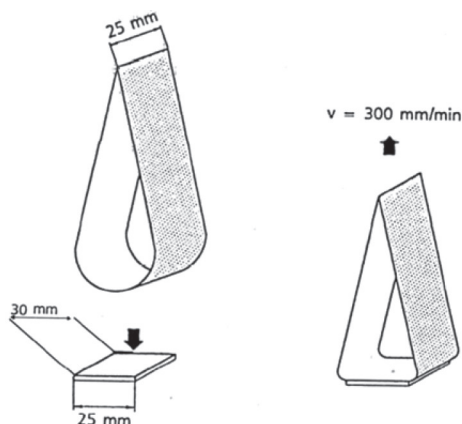


Рис. 6. Измерение «петлевой» липкости



Рис. 7. Прибор Loop Task 2000 (LT-2000) используется для определения «петлевой» липкости самоклеящихся материалов [4]

вертикальным нагрузкам, т.е. это способность самоклеящейся ленты оставаться приклеенной под воздействием постоянной силы, действующей параллельно поверхности склеивания. Последовательность определения сдвиговой адгезии определена в FTM-8, AFERA 5012, ISO 29863, ASTM D3654/D3654M-06, GB/T 4851 и других. Сущность метода заключается в измерении времени до отклеивания образцов от стандартной поверхности под воздействием вертикальной нагрузки в 1000 г. В качестве стандартных поверхностей могут быть использованы полированная сталь, стекло, картон или любая другая поверхность, которая впоследствии может быть использована в качестве поверхности для приклеивания самоклеящихся лент.

Для определения статического сдвига используют стенды, оснащенные счетчиками времени. Испытания можно проводить непосредственно при стандартных условиях или при повышен-



Рис. 8. Испытательное оборудование для определения статического сдвига, в том числе при повышенных температурах, от ChemInstruments SS-OS-30 [4]

ной температуре, как, например, при проведении испытаний по ASTM D3654/D3654M-06 Процедура H, когда испытания на статический сдвиг проводят после выдерживания при повышенной температуре в течение 10 мин (рис. 8).

Определение температуры потери адгезии при сдвиге самоклеящихся лент (Shear adhesion failure test)

Испытания по определению температуры потери адгезии при сдвиге проводят в соответствии с требованиями AFERA 5013, а также по модифицированным вариантам ASTM D3654/V3654M-06, ASTM D6463 или PSTC-107. С помощью этих испытаний можно определить способность ленты выдерживать статические усилия, приложенные в той же плоскости, что и подложка, при постоянно повышающейся температуре и, соответственно, определить температурный диапазон использования самоклеящихся лент.

Как описано в методах, образцы собираются так же, как и в ходе испытания на статический сдвиг, но с использованием нагрузки в 500 г и помещаются в испытательную камеру. Испытания начинают при температуре 40 °С и постепенно повышают на 0,5 °С в минуту до полного отклеивания образца от пластины. Испытательное оборудование должно содержать функцию программирования нагрева и работать в диапазоне от 25 до 200 °С (рис. 9).



Рис. 9. Испытательное оборудование для определения температуры потери адгезии при сдвиге самоклеящихся лент от ChemInstruments для одновременного испытания 8 образцов SS-OS-8 [4]



Рис. 10. Ручной ролик для прикатки образцов [4]

Вспомогательное оборудование — ручной и автоматический ролики для прикатки образцов

Методами определения качественных характеристик самоклеящихся материалов регламентировано использование специального оборудования для подготовки образцов к испытаниям, таких как ручной или автоматический ролик для прикатки образцов непосредственно на пластины. Использование специализированного оборудования позволяет исключить дополнительную нагрузку на образцы и тем самым увеличивает точность и сходимости результатов. Используемые для подготовки образцов стальные ролики должны быть диаметром



Рис. 11. Автоматический прибор для прикатки образцов RD-3000 [4]

$85 \pm 2,5$ мм, шириной $45 \pm 1,5$ мм, покрытие должно быть выполнено из резины твердостью 80 ± 5 ед. Шора А толщиной 6 мм. Масса роликов должна быть около 2000 г (рис. 10).

Для автоматического прикатывания образцов можно использовать прибор RD-3000 от ChemInstruments, который позволяет одновременно подготавливать до трех образцов. Прибор оснащен функцией программирования следующих параметров: скорость, длина хода и количество циклов. Никакая часть прибора не увеличивает массу роликов в процессе прикатывания со скоростью $10 \pm 0,5$ мм/с (рис. 11).

Данная работа финансировалась за счет средств Акционерного общества «ЛИКК» (АО «ЛИКК»). Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

При написании статьи технологии искусственного интеллекта не применялись.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://ru.wikipedia.org/>
2. <https://www.iso.org/>
3. <https://afera.com/>
4. <https://www.cheminstruments.com/>