

УДК 666.3.017

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ СИЛЫ СЦЕПЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛЕЙКИХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЛЕНТ С ПОДЛОЖКОЙ

Монич С. Г., Иоффе К. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В данной работе рассмотрено устройство испытания клеевых соединений, а именно клейких изоляционных лент при их сцеплении с подложкой, которые часто применяются для склеивания и герметизации механических конструкций. Этот тип соединений является предпочтительным из-за того, что клеи имеют множество преимуществ по сравнению с другими способами соединения. Выполнение клеевых соединений зависит от различных факторов, среди которых именно вид обработки поверхности играет жизненно важную роль в подготовке поверхности адгезивов. По определению технологии обработки поверхности создают желаемую текстуру поверхности, т. е. оптимизированную в геометрическом смысле, неориентированной структуры и устанавливают энергетические условия поверхностного слоя, под которыми подразумевается равномерное энергетическое состояние на всей поверхности области клеевого соединения.

Ключевые слова: лента, клей, адгезионная прочность, устройство, испытание

A DEVICE FOR EVALUATING THE ADHESION STRENGTH OF VARIOUS ADHESIVE INSULATING TAPES TO A SUBSTRATE

Monich S., Ioffe K.

Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. In this paper, we consider a device for testing adhesive joints, namely adhesive insulating tapes when they adhere to a substrate, which are often used for gluing and sealing mechanical structures. This type of connection is preferred due to the fact that adhesives have many advantages over other connection methods. The performance of adhesive joints depends on various factors, among which it is the type of surface treatment that plays a vital role in preparing the surface of adhesives. By definition, surface treatment technologies create the desired surface texture, i. e. geometrically optimized, of an undirected structure and establish the appropriate energy conditions of the surface layer, by which we mean a uniform energy state on the entire surface of the adhesive joint area.

Key words: tape, glue, adhesive strength, device, test.

Адрес для переписки: Монич С. Г., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: sgmonich@bntu.by

В последние годы использование клейких лент получило широкое распространение в различных электронных, инженерных, оптических, биомедицинских, ядерных, космических и других отраслях. Такое широкое распространение объясняется тем, что довольно часто материалы в монолитной форме не подходят для разнообразных и специальных требований, и клейкие ленты дают положительный эффект. Клейкие ленты используются для многих и разнообразных целей: для обеспечения устойчивости к истиранию, эрозии, коррозии, истиранию, потускнению, износу, радиационному повреждению или высокотемпературному окислению; для снижения трения или электрического сопротивления, обеспечения смазки, предотвращения прилипания; а также для обеспечения особых магнитных или диэлектрических свойств [1].

Независимо от их предполагаемого использования, свойства, структура, функциональные характеристики и эксплуатационные характеристики зависят, в частности, от адгезии между покрытием и подложкой. Ниже перечислены некоторые из основных причин, подчеркивающих важность адгезии тонких нитей [2].

Адгезия определяется как обратимая работа, выполняемая при создании единичной площади границы раздела между двумя веществами А и В. Она определяется следующим образом [4]:

$$W_{AB} = Y_A + Y_B - Y_{AB},$$

где W_{AB} – обратимая работа адгезии, Y_A – удельная поверхностная свободная энергия вещества А, Y_B – удельная поверхностная свободная энергия вещества В, а Y_{AB} – межфазная удельная свободная энергия. Это определение просто основано на изменении свободной энергии системы до и после контакта между А и В [3, 5].

Более распространенными терминами для этого являются «прочность сцепления» или «прочность адгезии». Экспериментально адгезия может быть измерена двумя способами:

1) в терминах сил, определяя силу сцепления как максимальную силу на единицу площади, оказываемой при разделении двух материалов;

2) альтернативно, в терминах работы или энергии, определяя работу адгезии как работу, выполняемую при разделении или отрыве двух материалов друг от друга.

Все механические методы используют те или иные средства удаления клейкой ленты с подложки. Эти методы могут быть в целом классифицированы на две категории в зависимости от способа отрыва клейких лент [6]:

1) методы, включающие отрыв, перпендикулярный к границе раздела (к границе раздела лента-подложка прикладывается сила возрастающей величины до тех пор, пока граница раздела не будет нарушена. Либо измеряется максимальная приложенная сила, либо используется какой-либо другой критерий, такой как площадь отслоения, для обозначения адгезии. В этих способах делается попытка отсоединить клейкую ленту в направлении, перпендикулярном границе раздела, так что при разрыве границы одновременно отделяется вся область клейкой ленты. Если вся площадь не отделена одновременно, то расчет сил имеет вид более сложный вид).

2) способы, предусматривающие боковое отслоение клейкой ленты от границы отслаивания (эти способы не так популярны, как метод прямого отрыва, но в некоторых случаях испытание на сдвиг внахлест лучше моделирует реальные условия нанесения клейких лент, поэтому результаты этого теста могут быть более значимыми. Измеренное напряжение сдвига – это тангенциальная сила на единицу площади, необходимая для разрыва связи между клейкой лентой и подложкой. Экспериментальная схема показана на рисунке 1, 2).

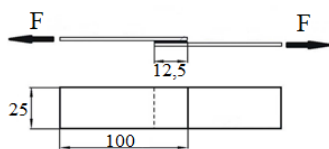


Рисунок 1 – Условие нагружения и размеры клейких лент

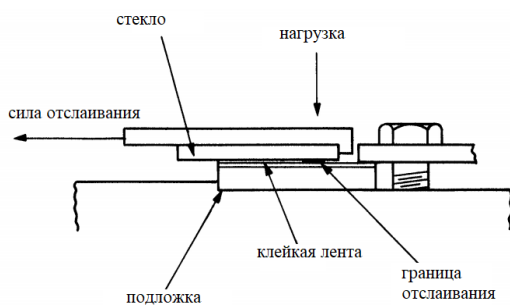


Рисунок 2 - Экспериментальная схема испытания на сдвиг внахлест между клейкой лентой и подложкой

На рисунке 3 приведена принципиальная схема созданного устройства определения усилия отслаивания образца гибкого материала от жесткой пластины с саморегулируемым поддержанием угла отслаивания. На массивном основании 1 на подшипниках качения 16 смонтирована подвижная горизонтальная каретка 2, на которой с помощью резьбовых прихватов закреплена жест-

кая пластина 3. На ее поверхности приклеен испытуемый образец гибкого материала 4, свободный конец которого закреплен в захвате 5. Посредством зацепов 6 последний жестко связан с тензометрическим датчиком усилия 7, который закреплен на каретке 8. На вертикальной стойке 14 устройства, которая для придания ей большей жесткости дополнительно соединена с основанием планкой 15, закреплен электродвигатель постоянного тока 10 с встроенным редуктором, вал которого посредством муфты 11 соединен с ходовым винтом 12. При вращении последнего с помощью передачи «винт-гайка» 13 каретке сообщается поступательное движение в направлении вертикальной оси по направляющим скольжения 9, которое создает усилия отслаивания испытуемого образца от жесткой пластины.

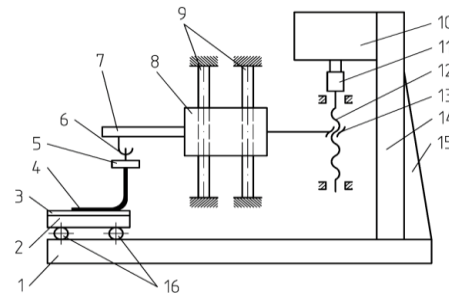


Рисунок 4 –Принципиальная схема устройства определения усилия неравномерного отслаивания образца гибкого материала от жесткой пластины с саморегулируемым поддержанием угла отслаивания 90°

Величина этого усилия за время отслаивания фиксируется тензометрическим датчиком и далее через усилитель подается на цифровой запоминающий осциллограф UTD2052CL. Изменение направления движения каретки обеспечивается реверсированием вращения вала электродвигателя, а регулирование скорости ее движения – изменением напряжения, подаваемого на него от блока питания UT3005E-3.

Изучение адгезионных способностей изоляционных лент имеет большое значение для многих сфер деятельности человека. Разработка новых и усовершенствование существующих устройств для изучения этого параметра позволяет повысить качество и надежность материалов, а также обеспечить безопасность и долговечность технических систем.

Литература

1. Surface Topography Effect on Strength of Lap Adhesive Joints after Mechanical Pretreatment / W. Zielecki // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2013. – № 13(2). – P. 175–185.
2. Polyamide 6 Surface Layer Following Ozone Treatment / M. Kłonica // International Journal of Adhesion and Adhesives. – 2016. – № 64. – P. 179–187.
3. Кузьмин, Д. С. Методы оценки адгезии в электротехнических системах / Д. С. Кузьмин // Электротехника и материалы. – 2021. – № 3. – С. 45–50.

4. Орешкин, Н. А. Современные устройства для испытания изоляционных материалов / Н. А. Орешкин // Вестник технических наук. – 2020. – № 5. – С. 65–72.

5. ГОСТ 20477-86. Материалы изоляционные электротехнические. Метод испытания адгезионной прочности. – М.: Стандартиформ. – 2016.

6. Жданов, О. В. Анализ адгезионных свойств полимерных лент в электротехнической промышленности / О. В. Жданов // Вопросы науки и техники. – 2018. – № 4. – С. 34–42.

УДК 551.501.793

АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ ТРАНСМИССОМЕТРАМИ

Назаренко П. Н.

ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе представлены результаты анализа методических погрешностей измерения метеорологической оптической дальности (МОД) трансмиссометрами. Полученные для погрешностей измерения МОД уравнения позволяют решить как прямую задачу расчета зависимостей погрешностей измерения МОД от абсолютной погрешности измерения коэффициента пропускания атмосферы $\Delta\tau$, длины измерительной базы a и МОД, так и обратную задачу определения $\Delta\tau$, a и границ измерения МОД при заданных требованиях к предельно допустимым погрешностям измерения МОД.

Ключевые слова: трансмиссометр, метеорологический оптический диапазон, пропускание атмосферы, измерительная база, погрешность измерений.

ANALYSIS OF METHODOLOGICAL ERRORS IN MEASURING METEOROLOGICAL OPTICAL RANGE BY TRANSMISSOMETERS

Nazarenko P.

SSPA «Optics, Optoelectronics and Laser Technology»
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The paper presents the results of the analysis of methodical errors in measuring the meteorological optical range (MOR) by transmissometers. The equations obtained for the MOR measurement errors allow solving both the direct problem of calculating the dependences of the MOR measurement errors on the absolute measurement error of the atmospheric transmittance coefficient $\Delta\tau$, the length of the measuring base a and MOR, and the inverse problem of determining $\Delta\tau$, a and the limits of MOR measurement under specified requirements for the maximum permissible errors of MOR measurement.

Key words: transmissometer, meteorological optical range, atmospheric transmittance, measuring base, measurement error.

Адрес для переписки: Назаренко П. Н., пр. Независимости, 78–54, г. Минск 220012, Республика Беларусь
e-mail: npr05@mail.ru

Метод измерения метеорологической оптической дальности (МОД) оптическими трансмиссометрами заключается в непосредственном измерении коэффициента пропускания атмосферы, соответствующим измерительной базе с последующим преобразованием измеренного коэффициента пропускания в МОД [1, 2].

За метеорологическую оптическую дальность (МОД) принимается длина пути светового луча в атмосфере, на котором световой поток ослабляется до 0,05 его первоначального значения. Отношение между МОД (метеорологической дальностью видимости) и показателем ослабления с использованием закона Кошмидера выражается в виде [2]:

$$MOR = a \frac{\ln 0,05}{\ln \tau} = - \frac{2,996 a}{\ln \tau}, \quad (1)$$

где MOR – метеорологическая оптическая дальность, τ – коэффициент пропускания атмосферы, a – длина измерительной базы.

Данное уравнение является основным уравнением для определения МОД. Из данного уравнения видно, что границы измеряемой МОД определяются границами измеряемого диапазона пропускания атмосферы τ_{min} и τ_{max} и длиной измерительной базы a .

Уравнение (1) позволяет провести оценку границ диапазона МОД в пределах метрологического диапазона спектрального коэффициента направленного пропускания (СКНП) от 0,1 до 99 % [3]. Соответствующие диапазоны МОД зависят от длины измерительной базы (a) и составляют 0,44 a –300 a .

Преобразование измеренного трансмиссометром коэффициента пропускания в МОД сопряжено с некоторыми особенностями, связанными с логарифмической зависимостью между указанными параметрами, что не обеспечивает преобразование коэффициента пропускания в МОД с одинаковой точностью во всем диапазоне измерения. Поэтому другим фактором, определяющим