Молоковских Н.В., Стабредов И.А.

Адгезия полимерных композиционных материалов

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет
(Россия, Пермь)*

doi: 10.18411/lj-03-2021-52

idsp: ljjournal-03-2021-52

Аннотация

Рассмотрено явление адгезии, ее влияние на свойства композиционных материалов. Описаны методы измерения адгезии полимеров, проведено опытное определение адгезионной прочности волокна к связующему по одному из перспективных методов.

Ключевые слова: Адгезия, адгезионная прочность, адгезив, субстрат, межфазный слой, волокно, связующее.

Abstract

The phenomenon of adhesion and its effect on the properties of composite materials is considered. The methods of measuring polymer adhesion are described, and a pilot definition of fiber adhesive strength to the binder has been carried out according to one of the promising methods.

Keywords: Adhesion, adhesive strength, adhesive, substratum, interphase layer, fiber, binder.

Современные высокопрочные композиционные материалы находят всё более широкое применение в различных областях промышленности и техники. Их успешное использование – передача усилий, интенсивное нагружение и максимальная реализация свойств наполнителя возможны только при условии достаточно надёжной связи между компонентами, обеспечиваемой только в случае достаточной адгезионной прочности волокна к связующему.

Термин адгезия был введён в 1924 г. Бехольцом и Нейманом для обозначения специфического молекулярного сцепления в дополнение к известным в то время представлениям о механическом характере природы склеивания [1].

Бехольц и Нейман в своих исследованиях проводили опыты по склеиванию древесины разных пород и пришли к выводу, что на прочность клеевого соединения значительно влияет природа подложки: порода древесины, её структура, направление среза. Как мы знаем, прочность склеивания зависит так же от химического состава клея. На эту зависимость впервые обратил внимание Гернгросс. Он также отмечал, что существует химическая связь между клеем и склеиваемой поверхностью, поэтому обработка щелочью некоторых пород древесины повышает адгезию к ним клеевых композиций.

Адгезией принято называть молекулярную связь, которая возникает между поверхностями разнородных тел, приведённых в контакт. Удельная сила или удельная работа разрушения адгезионной связи является количественной характеристикой прочности адгезионного соединения. Следовательно, об адгезии можно судить по работе, затраченной на разрыв адгезионного соединения.

По меньшей мере, шесть теоретических подходов к механизму адгезии имелись к концу 70-х годов прошлого века: электрическая теория, адсорбционная теория, диффузионная теория, химическая теория, механическая теория и теория слабого граничного слоя. Попытку формального объединения этих теорий предпринял К.В. Аллен [8].

Адгезия достаточно сложное явление, с этим связано существование нескольких десятков различных методов определения адгезии полимеров. Универсального метода определения адгезии полимеров и полимерных покрытий пока не существует. В зависимости от задачи и объектов исследования выбирают различные методы определения адгезии. Наиболее часто используют следующие методы определения адгезионной прочности: нормального отрыва (метод грибков), штифтов, срезания покрытия резцом, отслаивания покрытия от подложки, отслаивания проволоочки от полимера, метод газового или жидкостного пузыря [3].

При исследовании системы адгезив – субстрат важно знать не только величину адгезии, нужно так же понимать по какому типу произойдёт разрушение системы, так как зная слабые звенья системы, можно искать пути повышения её работоспособности. Различают следующие виды разрушения: адгезионное (адгезив полностью отделяется от субстрата), когезионное (разрыв происходит по массиву адгезива или субстрата), и смешанное (происходит частичное отделение адгезива от субстрата и частичное разрушение адгезива).

Один из перспективных методов определения адгезионной прочности полимерных композиционных материалов это определение адгезии на границе волокно - связующее для образцов «с узлом».

Рассмотрим методику данного испытания. Работа выполнена в рамках НИРС [6].

Необходимо провести изготовление сложных образцов, для чего:

- 1) Был нарезан жгут арамидный 40 шт., любой марки, партии $l=30$ см.;
- 2) Приготовлено связующее УП-2217 и ЭС-3;
- 3) Пропитан жгут, просушен 1-2 часа;
- 4) Изготовлены образцы по рисунку 1, для чего было необходимо связать жгут узел и продеть в другой жгут, затянуть с усилием 1 Н (рис. 1);
- 5) Образцы помещены на Ф-4, отверждены по режиму $160^{\circ}\text{C} - 4$ часа;
- 6) Образцы испытаны на величину прочности выдёргивания нити жгута из узла. Записан результат.

Рисунок 1. Схема изготовления образца.

Результаты испытаний:

Испытания образцов проводились на испытательной машине УТС 110 МН-5, скорость подвижного захвата – 1 мм/мин.

По результатам испытаний адгезионной прочности можно определить прочностные характеристики композита. Испытания показали, что максимальная нагрузка, которую выдерживает образец при использовании связующего ЭС-3 составила 134 Н, а при использовании связующего УП-2217 – 131 Н.

Рассчитаем адгезионную прочность соединения волокно-связующее.

$\tau_i = \frac{F_i}{S_i}$ – формула для расчёта адгезионной прочности. Рассчитаем площадь адгезионной поверхности: диаметр жгута = 2 мм, $S = 2 \cdot \pi \cdot 0.002 \cdot 2 = 0.0251 \text{ м}^2$

$$\tau_1 = \frac{134 \text{ Н}}{0,0251 \text{ м}^2} = 5338,65 \text{ Па} \text{ – для связующего ЭС-3.}$$

$$\tau_2 = \frac{131 \text{ Н}}{0,0251 \text{ м}^2} = 5220,72 \text{ Па} \text{ – для связующего УП-2217.}$$

Оба связующих продемонстрировали высокие адгезионные характеристики, что доказывает прочность композитов, сделанных с использованием данных связующих.

1. Адгезия полимеров к твёрдым поверхностям. Реферат. Барнаул, 2009.
2. Башкирцев В. И., Юдицкий Л.А. Научные представления об адгезии. – Сервис в России и за рубежом, 2012.
3. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. – М.: Химия, 1969.
4. Долматов М.Ю., Бурдина Н.Г., Тимофеева М.Ю. Адгезия и фазовые переходы в сложных высокомолекулярных системах. Учебное пособие., 2001.
5. Кузнецов В.П., Баумгартэн М.И., Невзоров Б.П., Фадеев Ю.А. Адгезия в композиционных материалах: термины и физическая сущность. – Вестник Кемеровского государственного университета, 2014.
6. Методические указания по проведению научно-исследовательской работы для студентов бакалавриата по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» / Е.Ю. Макарова, Ю.В. Соколкин, А.А. Чекалкин. – Пермь: Изд-во Перм. Нац. Исслед. Политехн. Ун-та, 2017. – 40 с.
7. Мокина А.А Основы адгезии полимеров. – Master's journal, 2016.
8. Соколкин Ю.В., Ташкинов А.А. Механика деформирования и разрушения структурно неоднородных тел. – М.: Наука, 1984 – 116 с.

Суфиянов Р.Ш.

Получение водорода электролизом

*Бронницкий филиал ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»
(Россия, Бронницы)*

doi: 10.18411/lj-03-2021-53

idsp: ljjournal-03-2021-53

Аннотация

Водород, являясь самым распространенным химическим элементом Вселенной, может в будущем заменить традиционные виды топлив, обладая целым рядом преимуществ. Однако на нашей планете он встречается, преимущественно только в связанном виде, в частности, в виде химических соединений с кислородом (воды) и с углеродом (углеводороды). Данные соединения традиционно являются основным сырьем для получения водорода, и технологии, используемые в настоящее время для получения водорода из данного вида сырья, являются наиболее распространенными. Среди них особое место занимает технология получения водорода электролизом воды.

Ключевые слова: энергия, водород, технологии получения, электролиз, углеродный след, «зеленый» водород.

Abstract

Hydrogen, being the most widespread chemical element of the Universe, can replace traditional types of fuels in the future, having a number of advantages. However, on our