

УДК 621.891

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА НА АДГЕЗИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кузеев И.Р., Ибрагимов И.Г., Абакачева Е.М.¹, Киреев К.А.
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа
e-mail:¹ elena-abakacheva@rambler.ru

Аннотация. *В представленной работе приводятся некоторые результаты исследования факторов, оказывающих влияние на условия формирования адгезионного контакта и методов повышения адгезионной прочности полимеров к металлу; приводятся результаты экспериментального исследования влияния электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона на адгезионную способность полимерных материалов, подтверждающие высокую эффективность использования электромагнитного излучения для нетепловой модификации полимеров.*

Ключевые слова: *полимер, адгезив, адгезия, металл, модификация, электромагнитное излучение*

Проблема адгезии полимеров – весьма разносторонняя и многообразная. Она включает такие важные для техники вопросы, как адгезию полимеров к твердым поверхностям, структуру и свойства монослоев, структурно-механические свойства граничных слоев полимеров, находящихся в контакте с твердыми телами, и многие другие.

Можно выделить несколько факторов, оказывающих влияние на условия формирования адгезионного контакта. К ним, в первую очередь, следует отнести температурный режим. Роль этого фактора особенно велика в тех случаях, когда адгезив представляет собой расплав. Расплав полимера должен обладать определенной подвижностью, чтобы заполнять многочисленные углубления на поверхности металла. Поэтому повышение температуры в момент формирования адгезионного контакта вызывает снижение вязкости расплава и благоприятствует достижению в конечном итоге более высокой адгезионной прочности.

При формировании многих адгезионных соединений в контакт с поверхностью субстрата вступает высоковязкая масса. В этих случаях для процесса формирования контакта адгезива и субстрата, важнейшее значение приобретают вязкоупругие характеристики адгезива и условия формирования контакта (давление, температура). Большое значение имеют реологические процессы, происходящие на границе раздела адгезив - субстрат, связанные с заполнением полимером микродефектов поверхности. Предельное упрочнение адгезионного шва достигается при максимальном заполнении микродефектов на поверхности субстрата.

Контакт адгезива с субстратом во многих системах не может быть абсолютным. На границе между адгезивом и субстратом всегда остаются незаполненные адгезивом полости, раковины, и другие дефекты. Высокая вязкость адгезива, особенности топографии поверхности, недостаточно продолжительное время пребывания адгезива в пластическом состоянии или в виде низковязкого расплава – каждая из этих причин может привести к тому, что в готовом адгезионном соединении на границе раздела останутся поры и пустоты. В результате не только уменьшится фактическая площадь контакта, но и возникнут потенциальные очаги разрушения адгезионной связи, так как около воздушных полостей на границе раздела происходит концентрация напряжений [1].

Условно можно выделить следующие направления повышения адгезионной прочности:

1. Химическая модификация адгезива. Увеличение содержания функциональных групп адгезива, активных по отношению к субстрату, как правило, может приводить к улучшению адгезионного взаимодействия, хотя взаимосвязь функциональных групп и прочности может иметь экстремальный характер. Значительное влияние может оказывать соотношение полярных и неполярных групп в адгезиве и их взаимное расположение;

2. Подготовка и модификация субстрата является одним из эффективных способов повышения адгезионной прочности. Так для изменения кислотно-основного баланса полимера с поверхностью наполнителя применяют метод обработки в высокочастотной плазме;

3. Введение поверхностно-активных веществ (ПАВ). Введение ПАВ способствует понижению поверхностного натяжения адгезива за счет положительной адсорбции на поверхности.

Для улучшения адгезионной способности покрытия, повышения механические свойств и качества сопряжения системы металл – полимер нами предлагается использовать электромагнитное излучение сверхвысокочастотного диапазона (ЭМП СВЧ) для нетепловой модификации полимеров.

Экспериментальная часть

В настоящее время для интенсификации процессов модификации адгезивов и полимерных материалов широко используются электрофизические методы, такие как упругие колебания звукового и ультразвукового диапазонов частот, виброобработка, токи высокой частоты, лазерное, электронное, ультрафиолетовое излучения [5].

Необходимость в альтернативных технологиях модификации полимеров связана с многостадийностью традиционных процессов, высокими энерго- и трудовыми затратами, экологической напряженностью производства. Исследования по применению электрофизических методов обработки материалов и изделий по-

казали эффективность использования для этой цели энергии сверхвысокочастотных (СВЧ) электромагнитных колебаний [3]. Объемная обработка полимерных материалов и изделий позволяет значительно ускорить процесс модификации по сравнению с другими методами обработки, при этом повышается качество готовых изделий, уменьшаются термомеханические эффекты, габариты производственной установки, улучшаются экономические показатели процесса [4].

В ходе исследования адгезионной способности модифицированной ПВХ пленки изменялись как мощность излучения (от 60 до 300 Вт с шагом в 60 Вт), так и время воздействия (1÷3 минуты).

При оценке адгезионных свойств защитных покрытий наибольший интерес представляют две группы факторов:

1. факторы, обеспечивающие адгезионную прочность (адгезионные связи при контакте полимерного материала с поверхностью, продолжительность контакта, радиуса кривизны поверхности, значение шероховатости поверхности и т.д.);
2. необходимые усилия для нарушения адгезионного соединения, зависящие от условий эксплуатации покрытий (температуры, воздействия агрессивных сред, вида и продолжительности действий нагрузки и др.).

Результаты и их обсуждение

Нами представлены результаты исследования адгезионной способности полимерных изоляционных покрытий: изменение адгезии полимерных изоляционных покрытий от диаметра трубопроводов (рис. 1) и влияние циклических изменений температуры на адгезию полимерного покрытия (рис. 2).

Экспериментальные исследования проводились на образцах из углеродистой стали 20 диаметром: 57, 89, 108, 159 мм с использованием ПВХ изоляционной пленки, СВЧ-модифицированной ПВХ изоляционной пленки.

В связи с тем, что элементы, изготовленные из композиционного материала, могут находиться в условиях резкого изменения температур, возникает опасение, что в силу различия коэффициентов линейного расширения и в связи с относительно большой толщиной покрытия возможно уменьшение адгезионной прочности. Коэффициент линейного расширения армированного полимерного покрытия в интервале 297 - 373 К равен $9 \cdot 10^{-5}$, коэффициент линейного расширения ПВХ покрытия $5 \cdot 10^{-5}$, битума $2,19 \cdot 10^{-4}$, а коэффициент линейного расширения металла равен $12 \cdot 10^{-6}$.

Были проведены исследования влияния циклических изменений температуры, а также длительного воздействия пониженной температуры на физико-механические свойства системы металл - праймер - полимерное покрытие. Образцы в течение 30 минут выдерживались в криогенной камере с жидким азотом (233 К), после чего доводились до температуры 293 К. Всего было проведено 5 таких циклов.

После 5-го цикла СВЧ-модифицированная ПВХ изоляционная пленка не изменила адгезионной способности, а у ПВХ изоляционной пленки адгезия понизилась от 100 Н/см² до 225 Н/см² (рис. 2).

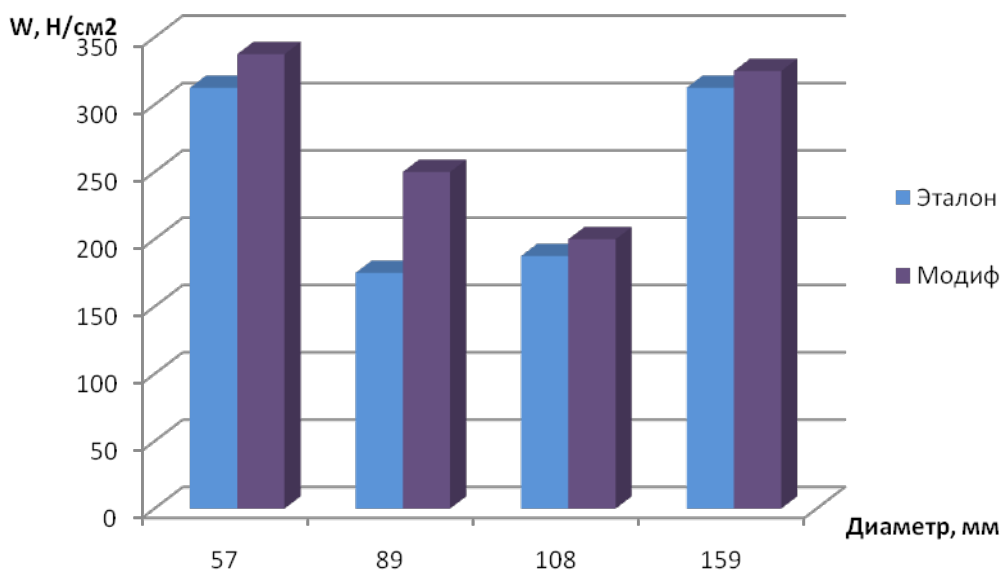


Рис. 1. Показатель адгезии ПВХ изоляционной пленки СВЧ-модифицированной ПВХ изоляционной пленки при различных диаметрах труб

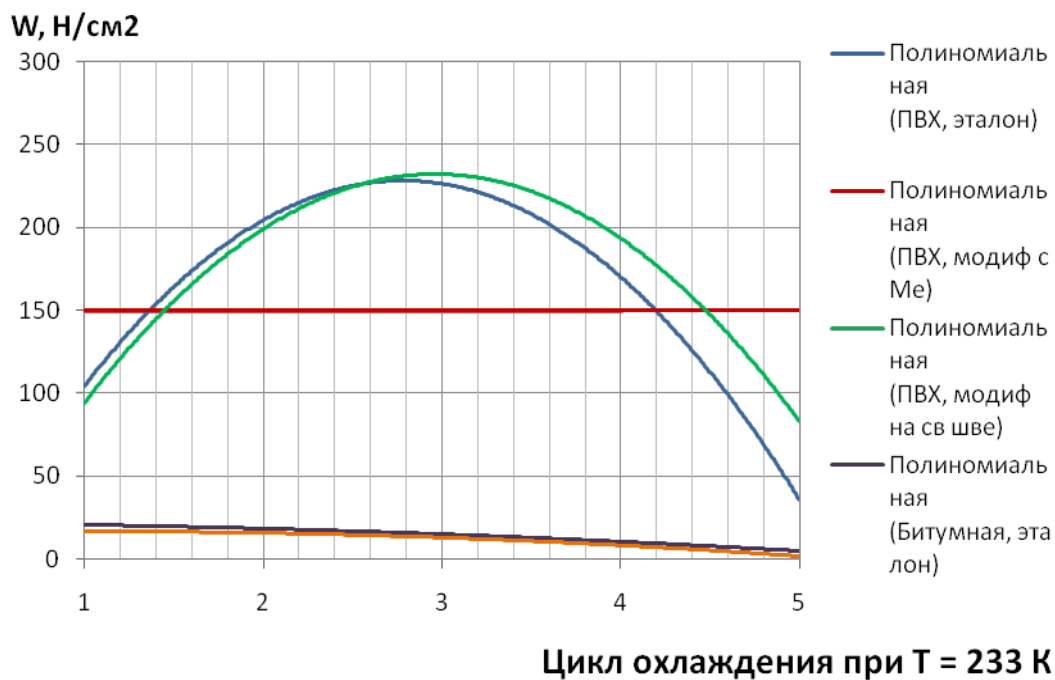


Рис. 2. График зависимости показателя адгезии от циклического охлаждения при T = 233 К

В результате экспериментов установлено:

1. При циклическом изменении температуры системы металл - праймер-полимер накапливаются термические и усадочные напряжения (до III цикла охлаждения) и при переходе полимера в стеклообразное состояние эти напряжения приобретают максимальное значение (III цикл), в результате чего резко уменьшаются эластические свойства полимера и теряется адгезионная способность полимерного покрытия.

2. Воздействие СВЧ ЭМП в течении минуты оказывает специфическое влияние на низкомолекулярные фракции связующего полимера, СВЧ воздействие повышает энергию хаотического теплового движения мономеров, что в свою очередь способствует их интенсивной полимеризации. В следствии чего, происходит предельное упрочнение адгезионного шва за счет максимального заполнения микродефектов на поверхности субстрата.

3. При повышении температуры под воздействием электромагнитного поля СВЧ-диапазона надмолекулярные образования, существующие в расплавах полимеров, разрушаются, что способствует достижению более полного адгезионного взаимодействия.

4. Экспериментально установлено, что воздействие электромагнитного поля сверхвысокочастотного (ЭМП СВЧ) - диапазона при нанесении полимерного покрытия на поверхность металла повышает адгезионную прочность за счет релаксации внутренних напряжений в клеевом соединении и появления у адгезива прочной поперечно-сшитой структуры.

Проведенные исследования показали высокую эффективность использования электромагнитного излучения для нетепловой модификации полимеров позволяющего улучшить адгезионную способность покрытия, механические свойства и качество сопряжения системы металл - полимер.

Литература

1. Басин В.Е. Адгезионная прочность. М.: Химия, 1989. 208 с.
2. Вакула В.Л., Притыкин Л.М. Физическая химия адгезии полимеров. М.: Химия, 1995. 224 с.
3. Архангельский Ю.С., Девяткин И.И. Сверхвысокочастотные нагревательные установки для интенсификации технологических процессов. Саратов: Саратов. гос. ун-т, 1983. 140 с.
4. Даминев Р.Р., Бикбулатов И.Х., Шулаев Н.С., Рахманкулов Д.Л. Гетерогенно-каталитические промышленные процессы под действием электромагнитного излучения СВЧ-диапазона. М.: Химия, 2006. 134 с.
5. Калганова С.Г. Электротехнология нетепловой модификации полимерных материалов в СВЧ электромагнитном поле. Дис...доктора тех.н. Саратов: Саратов. гос. тех. ун-т, 2009.

COMMON METHODS OF INCREASING THE ADHESIVE STRENGTH OF POLYMERS TO METALS

I.R. Kuzeev, I.G. Ibragimov, E.M., Abakacheva E.M.¹, K.A. Kireev
Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia
e-mail:¹ elena-abakacheva@rambler.ru

Annotation. *In the present study show some results of the study of factors affecting the formation conditions of the adhesive contact of the polymer to the metal. Results of an experimental research of influence of electromagnetic waves of a superhigh-frequency range on adhesive ability of polymeric materials which have shown high efficiency of use of electromagnetic radiation for not thermal updating of polymers are resulted.*

Keywords: *polymer, adhesive, modified, metal, microwave radiation*

References

1. Basin V.E. Adgezionnaya prochnost' (Adhesive strength). Moscow, Khimiya, 1989. 208 p.
2. Vakula V.L., Pritykin L.M., Fizicheskaya khimiya adgezii polimerov (Physical chemistry of polymer adhesion), Moscow, Khimiya, 1995. 224 p.
3. Arkhangel'skii Yu.S., Devyatkin I.I. Sverkhvysokochastotnye nagrevatel'nye ustanovki dlya intensivatsii tekhnologicheskikh protsessov (Microwave heating units for intensification of technological processes). Saratov, Saratov State University, 1983. 140 p.
4. Daminev P.P., Bikbulatov I.Kh., Shulaev N.S., Rakhmankulov D.L. Geterogenno-kataliticheskie promyshlennye protsessy pod deistviem elektromagnitnogo izlucheniya SVCh-diapazona (Heterogeneous catalytic industrial processes under the influence microwave electromagnetic radiation). Moscow, Khimiya, 2006. 134 p.
5. Kalganova S.G. Elektrotekhnologiya neteplovoi modifikatsii polimernykh materialov v SVCh elektromagnitnom pole (Electrotechnology for non-thermal modification of polymeric materials in a microwave electromagnetic field). PhD thesis. Saratov, SGTU, 2009.