

O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

ЛИТЕРАТУРА:

1. Воюцкий С. С., Шаповалова А. И., Писаренко А. П. ДАН СССР. 1955. 105. с. 1000: Колл. журнал. 1966, № 18. с. 485.
2. Анисимова В. И., Дерягин В. В., Ключев В. А., Владыкина Т. Н.,
3. Кротова Н. А. Матералы 5 Всесоюзного симпозиума по механохимии и механоэмиссии твердых тел. Т. 1. Таллин. 1977. с. 98.
4. Негматов С.С., Пак И.И., Демпфирующие свойства полимерных материалов и покрытий на их основе. УЗИИИИТИ, Ташкент, 1974. 16с.
5. Негматов С.С., Пак И.И., Примееение полимерных композиционных покрытий в хлопкоуборочной машине. В сб. научных трудов ТашПИ. «Сельхозмашины» вып. 329, Ташкент, 1982г. С.125-127.
6. Писаренко Г.С. Рассеяние энергии при механических колебаниях. Киев, Изд-во, АН УССР, 1962.
7. Выбродемпфирующий материал NOISERBUSTER [Электронный ресурс] NOISERBUSTER, 2015.
8. Alter H., Soller W Ind.EngL.Chem., 50, 922(1958).
9. Gardon J.L.J. Appl. Pol. Sci., 7. 625 (1963).
10. Яковлев А. Д. и др. 310 с. Порошковые полимерные материалы и покрытия на их основе, Л., 1971.
11. М и р о н о в и ч Л. Л. Канд. дисс. Институт металлополимерных систем Гомель, 1969.
12. Зимон А. Д. Адгезия пыли и порошков / А. Д. Зимон. - М.: Химия, 1967. - 372 с.
13. Санжаровский А. Т. Методы определения механических и адгезионных свойств полимерных покрытий. М, 1974.
14. Кейгл Ч. Клеевые соединения. М., 1971.
15. Кардашов Д. А. Синтетические клеи. Изд. 3-е. М. 1976.
16. Плугатырь В. И., Кравцов В.В., Макаренко О.А. Повышение адгезионной прочности эпоксифенольного покрытия к стальной поверхности диспергированием и модифицированием наполнителя//Вестник ОГУ. №2 2017. С. 164-168.

Ключевые слова: прочностно-адгезионные соединения, покрытие полимера, наполнитель, отвердитель, пластификатор.

Приведены результаты исследования зависимости адгезионно-прочностных свойств эпоксидных композиций от содержания полиэтилена, порошкообразного эластомера для минеральных дисперсных наполнителей.

ВЛИЯНИЕ ВИДА, МОРФОЛОГИИ ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ СУБСТРАТА - МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКИ НА АДГЕЗИОННУЮ ПРОЧНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

К.С. Негматова, Ш.В. Рахимов, Н.С. Абед, Н.О. Умирова, Т.У. Улмасов, К.М. Иноят, З.У. Махаммаджанов, Ё.С. Раджабов, М.А. Абдураззаков, С.К. Имомназаров, С.У. Султонов, Ш.А. Бозорбоев

ГУП “Фан ва тараккиёт” ТГТУ им И. Каримова

Введение. Увеличение площади фактического контакта между адгезивом и субстратом должно повышать адгезию независимо от сил, обуславливающих связь между фазами [1]. Если адгезив представляет собой раствор, жидкость или эмульсию, то на величину площади фактического контакта влияют такие факторы, как смачивание, способность адгезива заполнять неровности твердой поверхности, вытесняя при этом воздух, пузырьки которого препятствуют достижению максимально возможного контакта. Следовательно, морфология поверхности субстрата, ее топография, микрорельеф и чистота являются важными факторами, влияющими на

полноту контакта и в конечном итоге на адгезию [1,2,3,60,67].

В природе не существуют и искусственным путем не могут быть изготовлены изделия с идеальной поверхностью. Даже поверхность зеркального стекла имеет многочисленные неровности, величина которых достигает 300-800 Å, шероховата даже поверхность воды.

Микрорельеф и шероховатость твердой поверхности могут быть обусловлены: особенностями внутренней структуры, искусственной обработкой, естественным путем, например, окислением поверхности.

В реальных условиях почти на всех металлах находится слой окисной пленки. Часто окисный слой оказывается пористым. Так, окисные пленки на алюминии пронизаны порами диаметром около 100 Å. Эти окисные пленки могут играть существенную роль в адгезии. Одни исследователи считают, что окисные пленки играют положительную роль при адгезии полимеров к металлам [6], по мнению других [7], удаление окислов с поверхности металлов повышает прочность адгезионных соединений. Повышение адгезии в начальной стадии в ряде случаев связано с внедрением полимера в дефекты окисной пленки, число которых растет по мере окисления. Однако с ростом толщины дефекты окисной пленки разрастаются так сильно, что адгезионная прочность покрытия начинает лимитироваться когезионной прочностью дефектной окисной пленки. Как установлено практикой, для повышения адгезии защитных покрытий перед их нанесением поверхность металла необходимо очистить от различных жировых загрязнений, что позволяет увеличить смачиваемость подложки и растекаемость адгезива.

Объект и методика исследования. Полимерные, лакокрасочные и композиционные материалы и покрытия на их основе широко применяются во всем мире в машиностроении, приборостроении, химической, хлопкоперерабатывающей, текстильной, легкой и других промышленности и в строительстве. Учитывая это обстоятельство, для исследования механизма взаимодействия в системе адгезия-субстрат с целью разработки способа регулирования и повышения адгезионной прочности и, соответственно, работоспособности

и долговечности покрытий нами были выбраны широко применяемые в различных отраслях промышленности и строительстве полимерные лакокрасочные материалы и органоминеральные ингредиенты для получения композиционных материалов на их основе. Так, были выбраны в качестве адгезива капрон, полипропилен, полиэтилен, полиамидная смола, в качестве отвердителя – полиэтилен, полиамид, в качестве пластификатора - дибутилфтолат; в качестве органоминеральных наполнителей - воллостонит, ПЭВП, ПП, Полиамид-68, Капрон, Сталь 3, Сталь 30, Латунь Л630, сплав алюминия АМг6, сплав титана ВТ5-1 в качестве субстрата.

Результаты исследования и их обсуждение.

Установлено, что прочность адгезионного контакта зависит от рельефа поверхности подложки, шероховатости, микронеровностей, класса чистоты поверхности, и др.

В связи с этим нами были проведены исследования влияния класса чистоты поверхности металлического субстрата из стали марки Ст.3 на адгезионную прочность различных по природе полимерных покрытий, результаты этих исследований приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, со снижением класса чистоты поверхности субстрата, т.е. с увеличением шероховатости поверхности, адгезионная прочность увеличивается у всех рассмотренных полимерных покрытий.

Необходимо также отметить, покрытия из полярных полимеров полиамида-68 и капрона в 2,0-2,5 раза больше имеет значение адгезионной прочности покрытия, чем у неполярных полимеров – полиэтилен высокой плотности, полипропилен.

Таблица 1

Зависимость адгезионной прочности – σ_A полимерных покрытий от чистоты поверхности металлического субстрата

Материал покрытия	Адгезионная прочность (МПа) полимерных покрытий при различной чистоте класса обработки субстрата из Ст.3					
	Чистоты класса обработки субстрата					
Полиэтилен высокой плотности-ПЭВП	16,0	15,2	14,3	13,1	12,4	12,0
Полипропилен - ПП	12,2	11,8	11,2	10,8	10,2	10,0
Полиамид-68	48,0	46,2	41,8	38,6	32,4	36,0
Капрон	46,4	40,2	38,6	32,2	28,9	22,2

Примечание: температура подложки-субстрата из стали Ст.3 перед нанесением покрытия вибро-вихревой установкой для ПЭВ-260 °С; ПП-270 °С; полиамида-68 и капрона -280 °С, а время выдержки в псевдооживленном слое – 3-4 минут.

В общем случае рельеф поверхности подложки (и полимера) может двояко влиять на

прочность адгезионного контакта в зависимости от узора и глубины шероховатости. Часто изменение поверхности подложки простой обработкой наждачной бумагой способно увеличить прочность адгезионного контакта в несколько раз за счет увеличения истинной поверхности соприкосновения. Большое увеличение наблюдается при использовании

пористых подложек, когда приходится иметь дело с механическим заклиниванием адгезива в поры субстрата.

Необходимо отметить, что, как показали экспериментальные исследования, прочность адгезионного контакта существенно зависит от способа обработки поверхности субстрата. Так, адгезионная прочность полипропиленовых покрытий на отрыв при токарной обработке стали 45 третьего класса чистоты составляет 11 МПа, а при пескоструйной обработке 17 МПа. Те же значения для магния МЛ-15 равны соответственно 2,5 и 7,0 МПа.

Как было показано [5], поверхность, наиболее пригодная для склеивания или нанесения покрытия, должна быть равномерно нагруженной. Возможны два варианта такой поверхности. Первый вариант - идеально полированная поверхность, второй - специальным образом подготовленная поверхность, иначе при концентрации внутренних напряжений в отдельных участках (выступы и впадины) клеевое соединение может разрушиться подобно раскрытию застёжек молнии [8]. Идеальной по своей способности удерживать клеевой состав является поверхность, состоящая из правильных трехгранных пирамидальных углублений или выступов [9,5].

Изменение адгезионной прочности в зависимости от рельефа поверхности породило особые термины: механическая адгезия, клеевые замки.

В действительности никакой механической адгезии нет, так как улучшение склеивания пористых или специальным образом обработанных тел - это лишь результат того, что прочность адгезионного контакта отнесена к геометрической площади контакта (а не к истинной), причем истинная площадь превосходит геометрическую, иногда значительно. Авторы [10] пришли к выводу, что роль механического заклинивания является далеко не определяющей. Повышение адгезии будет наблюдаться только в том случае, если адгезив заполнит все неровности углубления подготовленной тем или иным способом поверхности. Эти углубления [16] приближенно можно рассматривать как капилляры или зазоры. Для жидкости плотностью ρ , имеющей поверхностное натяжение σ и угол смачивания данной поверхности φ , высота поднятия h в капилляре диаметром d определяется по уравнению

$$h = \frac{4\sigma \cos\varphi}{\rho dg}$$

где g - ускорение силы тяжести.

Высота поднятия жидкости между двумя параллельными пластинками с зазором a , определяется по формуле

$$h = \frac{2\sigma \cos\varphi}{\rho ag}$$

Как видно из приведенных зависимостей, высота капиллярного поднятия прямо пропорциональна поверхностному натяжению жидкости (адгезива) и углу смачивания, т. е. зависит от термодинамических факторов. Кроме того, проникновение жидкости в капилляры или зазоры определяется ее вязкостью. Слишком вязкий адгезив не сможет проникнуть во все доступные поверхностные поры. Поэтому для более полного образования контакта необходимо изменять технологические параметры (температура, давление, время, введение различных добавок и т. д.), при которых формируется адгезионное соединение. Но даже это не всегда позволяет адгезиву заполнить поры и микротрещины, так как воздух, оставшийся там, оказывает сопротивление продвижению жидкости.

На кинетику растекания, кроме вязкости и угла смачивания, значительно влияет и угол наклона стенок капилляра, т.е. краевой угол субстрата. Установлено, что если сумма углов смачивания и наклона стенки капилляра меньше 180° , жидкость проникает в капилляр, если больше - не проникает [16]. В результате на границе между адгезивом и субстратом всегда остаются незаполненные адгезивом полости, раковины и другие дефекты. Тогда не только уменьшается фактическая площадь контакта, но и возникают потенциальные очаги разрушения адгезионной связи, так как около воздушных полостей на границе раздела концентрируются напряжения [11]. Особо это следует учитывать при склеивании таких пористых тел, как древесина и бетон. Поверхность древесины не бывает совершенно гладкой, поэтому истинная площадь такой поверхности в n раз больше кажущейся или внешней геометрической поверхности. Следовало бы ожидать, что работа адгезии, характеризуемая прочностью на расслаивание, сдвиг или отрыв также в n раз больше работы, отнесенной к кажущейся поверхности. Однако на практике этого не наблюдается. Дело в том, что чем больше краевой угол, тем труднее адгезив заполняет имеющиеся на поверхности капилляры и поры. Обычно в этих полостях задерживается воздух, препятствующий проникновению адгезива, и в адгезионном шве образуются газовые пузырьки. Поэтому практические значения работы адгезии не в n раз больше работы, отнесенной к кажущейся поверхности, а гораздо меньше.

Вязкий жидкий адгезив проникает в поры и микронеровности в большей или меньшей степени, и адгезионная прочность возрастает соответственно заполнению этих полостей адгезивом. Для получения максимальной адгезионной прочности необходимо обеспечить наиболее полное проникновение адгезива внутрь пор, независимо от их размеров [12]. Глубину проникновения жидкого адгезива в поры твердого тела можно рассчитывать по уравнению капиллярного поднятия. Однако следует учитывать, что краевой угол между жидкостью и стенкой капилляра может быть иным, чем на

плоских участках поверхности. Кроме того, вывод формулы для оценки глубины проникновения основан на известных уравнениях Лапласа и Дюринга [13,14], которые не всегда верны для реальных случаев, так как поры на реальных склеиваемых поверхностях чаще закрыты с одного конца [15].

В связи с этим, для подтверждения вышеотмеченных нами были исследованы значения краевого угла до и после обработки ультразвуком поверхности субстрата, результаты которых приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения краевого угла (в градусах) эпоксидного состава на поверхности металлов (числитель) в результате ультразвуковой обработки (знаменатель)

Субстрат	Продолжительность контакта, ч			
	0,5	1,5	2,5	3,5
Сталь 30	29,3/13,2	29,1/13,0	29,9/13,3	28,9/13,3
Латунь Л630	30,7/16,2	29,7/14,9	29,4/14,3	29,2/14,3
Сплав алюминия АМг6	30,1/17,2	28,3/17,6	27,1/17,5	27,9/17,5
Сплав титана ВТ5-1	29,1/15,8	28,7/15,6	28,3/15,6	29,4/15,6

Примечание: обработка поверхности субстрата была осуществлена ультразвуковыми колебаниями энергией $E_{из} \pm 20$ кДж/моль.

Как видно из таблицы 2, значение краевого угла (в градусах) эпоксидного состава на поверхности металла снижается почти в два раза. При этом соответственно адгезионная прочность увеличивается у эпоксидной

композиции, у всех рассмотренных субстратах имеющих различную химическую природу от 40 до 60 %.

Были исследованы физико-механические свойства [16] эпоксидных композиционных покрытий при различных содержаниях волластонитового наполнителя, их результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-механические свойства эпоксидных композиционных покрытий при различных содержаниях волластонитового наполнителя

Вид покрытия при содержании наполнителя, масс.ч	Физико-механические свойства	
	$\sigma_{ад}$, МПа	H_m , МПа
ЭДК-1	20	32,05
	40	36,4
	60	35,2
ЭДК-2	20	33,4
	40	38,2
	60	36,3
ЭДК-3	20	32,5
	40	36,2
	60	35,4

Примечание: ЭДК-1 – ЭДК+волластонит при $d \leq 0,1$; ЭДК-2 – ЭДК+волластонит при $d \leq 0,05$; ЭДК-3 – ЭДК+волластонит $d \leq 0,05$.

Как видно из таблицы 3, с повышением содержания волластонитового наполнителя адгезионная прочность имеет экстремальной характер с повышением, при содержании 40 мас.ч. имеет высокую адгезионную прочность, а с повышением наполнителя микротвердость увеличивается.

Анализ проведенных нами исследований и многочисленных экспериментальных результатов ряда авторов позволяет свести совокупность описанных в литературе методов улучшения адгезионных взаимодействии субстрата - адгезива к геометрическим активационным и модификационным.

Таким образом, можно констатировать, что повышение эффективности адгезионного взаимодействия субстрата и адгезива связано с влиянием морфологии и состоянием

СОДЕРЖАНИЕ

1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокomпозитов

Р.И. Абдуллаева, В.С. Туляганова, Р.Х. Пирматов, С.С. Негматов, Г.Ф. Валиева, Ш.А. Аззамова. Петрографическое исследование фазового состава опытных образцов электрокерамических композиций.....	3
А.М. Эминов, И.Р. Байжанов, М.Т. Боймуродова, Д.С. Джабберганов, М.У. Насиров. Физико-химические процессы образования алюмосиликатной керамики.....	8
Д.Й. Хакимова, М.Э. Икрамова, Н.С. Абед, С.С. Негматов, А.Н. Бозоров. Исследование физико-химических свойств марганецсодержащих руд.....	12
Н.Б. Кадырова, А.А. Абдурахимов, Р.Ж. Эшметов, Д.С. Сагдуллаева, М.И. Карабаева. Изучение коллоидно-химических свойств полученных моющих средств.....	14
И.Б. Хакимов, З.Р. Обидов, А.Н. Тураев. Окисление сплава Zn22Al, легированного хромом.....	17
Б.К. Шайкулов, Ф.Н. Нуркулов, А.Т. Джалилов. Акрил ва азот саклаган органик мономерлар асосида олинган сополимерларни физик-кимёвий хусусиятларини тадқиқ этиш.....	21
С.Н. Асатов, А. Шодиёв, Т. Халимжонов. Особенности условий восстановления трехокси молибдена водородом.....	24
Д.З. Эшметова, А.Н. Бобокулов, А.У. Эркаев, М.С. Джандуллаева. Изучение некоторых физико-химических свойств системы Et ₂ NH-H ₂ SO ₄ -H ₂ O.....	27
С.Т. Содиков. Геохимические особенности Жамской площади.....	30
О.Х. Расулов, А.А. Маматалиев, Ш.С. Намазов, Ф.А. Ибатов. Модифицированная известково-аммиачная селитра с добавкой сульфата аммония и реологические свойства её расплавов.....	36
Н.Т. Рахматуллаева, Ш.А. Муминжонов, А.Ш. Гиясов, С.М. Турабджанов, Л.С. Рахимва. Избирательное экстракционное извлечение меди (II) и комплексообразование её с 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом (ПАН) в органической фазе.....	40
К.К. Кадирбекова. Экспериментальные исследования фазового, химического состава и свойств покрытий на основе Zr-Nb.....	44
Н.У. Пулатова, О.С. Максумова. Таркибида турли функционал гурухлар тутган гетероциклик бирикмалар асосида сополимерлар синтези.....	47
У.А. Сафаев, П.Х. Расулева, З.Т. Карабаева, З.М. Агзамова. Новые возможности извлечения йода из пластовых вод с использованием ионогенных сорбентов.....	50
Х.А. Адинаев, З.Р. Қодирова. PbO-R ₂ O ₃ -SiO ₂ системаси асосида рангли шиша синтези ва физик-кимёвий хоссалари.....	53
С.К. Юсупов, Ф.М. Юсупов, Н. Ёдгаров, Г.А. Байматова, С.У. Халилов. Синтез новых вспенивателей для извлечения драгметаллов из угля.....	56

2. Физико-механика и трибология композиционных материалов

С.С. Негматов, Ш.В. Рахимов, К.М. Иноятгов, Н.О. Умирова, К.С. Негматова, Н.С. Абед, С.К. Имомназаров, Ё.С. Раджабов, М.А. Абдуразаков, Т.У. Улмасов, З.У. Махаммаджанов, Ш.А. Бозорбоев, С.У. Султонов. Влияние природы, вида и содержания органоминеральных наполнителей на адгезионную прочность при формировании покрытий.....	59
К.С. Негматова, Ш.В. Рахимов, Н.С. Абед, Н.О. Умирова, Т.У. Улмасов, К.М. Иноятгов, З.У. Махаммаджанов, Ё.С. Раджабов, М.А. Абдуразаков, С.К. Имомназаров, С.У. Султонов, Ш.А. Бозорбоев. Влияние вида, морфологии твердой поверхности субстрата -металлической подложки на адгезионную прочность полимерных покрытий.....	64
Дж.С. Файзуллаев, К.С. Негматова, Р.Х. Пирматов, С.С. Негматов, М.Э. Икрамова. Влияние ванадия на механические и эксплуатационные свойства свариваемой арматурной стали класса А500С.....	68
С.С. Негматов, Н.С. Абед, С.К. Имомназаров, Ш.А. Аликобилов, Н.О. Умирова, М.Б. Мухитдинов, Ш.В. Рахимов, Т.О. Камолов, Ё.С. Раджабов, Т.У. Улмасов. Исследование влияния содержания различных наполнителей на износостойкость и другие физико-механические свойства композиционных эпоксидных полимерных материалов.....	72
С.С. Негматов, Т.О. Камолов, Ф.М. Наврузов. Исследование релаксационных и резонансных максимумов взаимопроникающих систем (впс) на основе эпоксидиановых полимеров и полиуретановых эластомеров.....	77
Н.Х. Бозорова, Ж.Х. Асомов, М.А. Иброхимов, Э.Р. Тураев. Обработка полипропилена различными наполнителями и улучшение его физико-механических свойств.....	80
Г.Э. Эшдавлатова, М.Р. Амонов. Физико-механические и колористические свойства набивных тканей загущенными полимерными композициями.....	83
С.С. Негматов, Н.С. Абед, М.Э. Икрамова, А.Х. Аликулова. Нефт маҳсулотларининг зичлигини аниқловчи воситаларни калибрлашда фойдаланиладиган суоқликларнинг стандарт намуналарини яратиш.....	86

3. Разработка и технология получения композиционных материалов

С.С. Негматов, Д.К.Холмуродова, Д.Ш. Киямова, Н.С. Абед. Кўмир брикетларининг шаклланиш жараёнини ўрганиш.....	89
Х. Ахмедов, Ж.М. Бекпулатов, М.М. Якубов, Ш.Н. Асиров, Ш.Ш. Пардаев. Исследование и разработка флотационной схемы обогащения руд месторождения кокпатас.....	91
Ф.А. Хамдамова, О.С. Максумова. Акриламид ва марганец асосида олинган бирикманинг мономерини кристал ва молекуляр тузулиши.....	94
J.B. Sunnatov, N.K. Qarshiyev, Sh.M. Munosibov, X.R. Xaydaraliyev, M.M. Yakubov. Kobalt- nikelli keklarni qayta ishlashning zamonaviy texnologiyalarini tadqiq qilish.....	96