

ISSN 2091-5527
№ 3/2025

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ НА ИХ ОСНОВЕ

Абед Н.С., Негматов С.С., Нормуродов А.А., Туляганова В.С., Джабборов Б.Т., Бозорбоев Ш.А.

Государственное учреждение “Фан ва тараккиет”

Введение. Развитие машиностроения в настоящее время выдвигает ряд задач, решение которых требует создания новых высокоэффективных композиционных полимерных материалов с заранее заданными свойствами. С целью решения проблемы создания композиционных полимерных материалов, сочетающих специфические свойства полимеров и органоминеральных ингредиентов, имеющие высокие электро- и теплопроводящие, адгезионные и ударные прочности, необходимо, прежде всего, изучить механизм взаимодействия системы полимер-наполнитель на электрофизические и антифрикционно-прочностные свойства композиционных полимерных материалов, а также изучить влияние природы, свойств, видов и содержания органоминеральных ингредиентов из местного и вторичного сырья.

Результаты исследований. При введении наполнителей в состав полимерных материалов образуется многофазная гетерогенная система, в которой в зависимости от природы и содержания органоминеральных наполнителей, электро-теплопроводящие свойства полимерного покрытия будут улучшаться или ухудшаться [1]. Воздействие органоминеральных наполнителей на свойства полимерной композиции зависит от их степени адсорбционного взаимодействия полимерным связующим. При этом взаимодействие молекул полимера с наполнителем можно рассматривать как процесс, приводящий к перераспределению межмолекулярных связей в системе и к образованию дополнительных узлов физической структурной сетки, вследствие взаимодействия сегментов с поверхностью. Важнейшее роль в изменении молекулярной подвижности полимерных цепей в граничных слоях играет как энергетическое взаимодействие цепей полимера с поверхностью наполнителя, так и изменение конформации полимерных цепей вблизи межфазной границы. Теоретические основы и экспериментальные исследования адсорбционных взаимодействий полимеров с поверхностью твердых тел подробно изложено в работе [2].

В случаях, когда отверждающаяся композиция представляет собой смесь компонентов, как указывает [3]. Е.Б. Тростянская и др., проявляется избирательная сорбируемость какого-либо компонента с

поверхностью наполнителя. Например, в системе эпоксидная смола - полиэтиленполиамин преимущественно сорбируется смола. Адсорбированная смоляная фаза не участвует в реакции отверждение, а композиция, обогащенная избыточным количеством отвердителя, становится менее жесткой, так как не вошедшая в реакцию полиэтиленполиамин выполняет функцию пластификатора. При этом можно наблюдать, что чем больше поверхность наполнителей, тем больше количество адсорбированного полимера. Другими словами, от содержания наполнителя зависит количество связующего, участвующего в адсорбционном взаимодействии и, в конечном счете, электрофизические свойства полимерных систем.

Как видно из полученных результатов (табл.1), что такие минеральные наполнители, как слюдяная мука, каолин, тальк, органические наполнители из вторичных отходов, почти не изменяют ρ_V и ρ_S полимерных покрытий, слюдяная мука, тальк даже несколько улучшают электрофизические свойства покрытий из термореактивных полимеров.

Как видно из результатов исследований, приведенных в таблице, существенное увеличение электропроводности полимерных материалов наблюдается при введении таких наполнителей, как графит, железный порошок, бронзовая пудра, алюминиевая пудра, сажа а также минеральных глин «Урта-Булак», «Кизил-Кор», «Кизил-Яр», бентонит, то есть при увеличении содержания указанных наполнителей объемное ρ_V и поверхностное сопротивление ρ_S всех рассматриваемых полимерных материалов резко падает [4]. При содержании 40-60 мас.ч. графита, сажи, алюминиевой и бронзовой пудры ρ_V и ρ_S полимерных материалов снижает почти на 6-8 порядок, при 200-250 масс железного порошка, 600 мас.ч. выше окислов металлов на 2-4 порядка. Такое увеличение электропроводности полимерных материалов при введении в их состав электропроводящих наполнителей связано с активностью дисперсных систем, т.е. увеличение электропроводности происходит благодаря тому, что ρ_V электропроводящих наполнителей значительно (на 10-13 порядка) ниже, чем самого связующего полимера.

Таблица 1

Электрофизические свойства композиционных полимерных терморезактивных эпоксидных материалов наполненных с органоминеральными ингредиентами (содержание наполнителей 20 мас.ч.)

Основной состав фурана-эпоксидного материала и композиций на их основе	Удельное объемное электрическое сопротивление $\rho_V \text{ Ом} \cdot \text{см}$	Поверхностное сопротивление, $\rho_S \text{ Ом} \cdot \text{см}$	ϵ при $f=1\text{KHz}$ диэлектрическая проницаемость	$tg\delta \cdot 10^2$ при $f=1\text{KHz}$ диэлектрические потери
О.С. ЭД-16	$1.1 \cdot 10^{15}$	$6.5 \cdot 10^{15}$	4.61	2.6
ЭД-16+ глина «Урта булок»	$8.3 \cdot 10^{11}$	$9.8 \cdot 10^{12}$	15.7	9.9
ЭД-16+глина «Кизил-Кор»	$7.6 \cdot 10^{12}$	$6.6 \cdot 10^{13}$	9.8	8.7
ЭД-16+глина «Кизил-Яр»	$9.2 \cdot 10^{12}$	$1.02 \cdot 10^{14}$	8.3	8.2
ЭД-16+ бентонит	$7.3 \cdot 10^9$	$5.4 \cdot 10^{10}$	16.8	10.6
ЭД-16+ каолин	$9.8 \cdot 10^{14}$	$1.01 \cdot 10^{15}$	4.83	2.16
ЭД-16+ тальк	$4.9 \cdot 10^{15}$	$4.91 \cdot 10^{15}$	4.11	2.19
ЭД-16+ графит	$1.8 \cdot 10^3$	$2.9 \cdot 10^4$	-	-
ЭД-16+ сажа	$2.67 \cdot 10^6$	$4.07 \cdot 10^7$	-	-
ЭД-16+ железный порошок	$7.6 \cdot 10^8$	$6.4 \cdot 10^8$	7.95	4.97
ЭД-16+ бронзовая пудра	$1.4 \cdot 10^{10}$	$1.71 \cdot 10^{11}$	4.92	2.09
ЭД-16+ алюминиевая пудра	$3.6 \cdot 10^8$	$1.4 \cdot 10^9$	8.72	9.2
ЭД-16+ окись меди	$5.9 \cdot 10^{14}$	$7.5 \cdot 10^{15}$	4.14	2.29
ЭД-16+ окись марганца	$2.34 \cdot 10^{14}$	$2.94 \cdot 10^{15}$	2.78	1.52
ЭД-16+ окись железа	$1.94 \cdot 10^{13}$	$4.75 \cdot 10^{14}$	4.46	2.71
ЭД-16+ слюдяная мука	$2.1 \cdot 10^{15}$	$3.2 \cdot 10^{15}$	3.92	2.1
ЭД-16+ фосфогипс	$5.1 \cdot 10^{15}$	$6.4 \cdot 10^{15}$	5.3	2.51
ЭД-16+ фосфшлак	$4.89 \cdot 10^{15}$	$6.3 \cdot 10^{15}$	4.47	1.78
ЭД-16+ известняковая пыль	$2.2 \cdot 10^{14}$	$1.1 \cdot 10^{15}$	7.31	3.42

Необходимо отметить, что при введении наполнителей в составе терморезактивного эпоксидного олигомера ЭД-16 образуется многофазная гетерогенная система. При этом значение электрических свойств получаемых композиционных материалов зависит как от свойств отдельных компонентов, так и количества и характера распределения наполнителя в объеме полимерного покрытия.

Результаты исследований показали, что при содержании графита, сажи и других наполнителей до 5 мас.ч. в объеме полимерного покрытия, их распределение наблюдается в виде отдельных, не связанных между собой частиц. Увеличение количества сажи до 20 и выше мас.ч. приводит к образованию пространственной цепочечной структуры, что согласуется с работами авторов [5; с.45-46, 6; с.173-179].

При введении в состав терморезактивных эпоксидных полимеров железного порошка изменение электропроводности имеет несколько иной характер. При малых содержаниях наполнителя заметного изменения электропроводности покрытий не наблюдается и лишь при высоких наполнениях происходит резкое увеличение электропроводности. Это связано с тем, что удельный вес железного порошка очень высок, по сравнению с другими наполнителями, и в процессе отверждения

полимеров происходит осаждение и в результате чего неравномерное распределение частиц по объему и поверхности полимерного материала.

Окислы металлов, являясь более высокообъемными по сравнению с сажей и железным порошком не дают эффективного снижения электропроводности даже при высоких наполнениях. Каолин, вводимый в состав терморезактивных полимеров в результате термообработки, покрывается продуктами термической деструкции и образует пространственную сетку. Это оказывает влияние на электропроводность покрытий.

Характер измерения удельного электрического сопротивления полимерных композиций зависит от электрического сопротивления наполнителей и определяется совокупностью контактных сопротивлений между частицами. Меньшее уменьшение δ_v и δ_s полимерных покрытий на основе ЭД-16 наполненных окисью меди связано с тем, что они представляют собой полупроводники. Прохождение тока между частицами таких наполнителей, имеющих тонкую оксидную пленку и прослойку полимерного связующего, возможно за счет туннельного эффекта.

Резкое снижение ρ_v и ρ_s покрытий при наполнении сажей очевидно связано с тем, что на ее поверхности имеющихся различные

кислородсодержащие группы, которые при введении в полимерное связующее влияют на надмолекулярную и молекулярную структуру покрытия. Высокая активность сажи и ее структурирующая способность усиливает межмолекулярное взаимодействие с полимерным связующим и образованием прочных химических связей. В результате этого, уже даже небольшие концентрации сажи приводят к значительному снижению ρ_v и ρ_s покрытий.

Высокое удельное электрическое сопротивление слюдяной муки способствует некоторому повышению ρ_v и ρ_s покрытий. Слюдяная мука является инертным наполнителем и не способна образовывать химические связи со связующим. Однако наличие в слюдяной муке различных примесей несколько электризуют процессы на границе раздела полимер-наполнитель, что способствует повышению ρ_v и ρ_s покрытий, наполненных слюдяной мукой.

Результаты исследований зависимости диэлектрической проницаемости ϵ и тангенса угла диэлектрических потерь $tg\delta$ покрытий от вида и содержания наполнителей показали, что при увеличении содержания наполнителей показали, что при увеличении содержания талька, слюдяной муки диэлектрические потери $tg\delta$ уменьшаются и диэлектрическая проницаемость ϵ полимеров уменьшается, например, максимум диэлектрической проницаемости наблюдается при 20 мас.ч. талька в составе эпоксидного покрытия.

Результаты исследования характера изменения ϵ и $tg\delta$ эпоксидных покрытий от содержания и вида наполнителей, показали, что резкое возрастание ϵ и $tg\delta$ покрытий на основе ЭД-16 наблюдается при введении сажи лишь после значения 20 мас.ч. Остальные

наполнители также по-разному влияют на ϵ и $tg\delta$ эпоксидных покрытий. Так, увеличение содержания окиси железа приводит к незначительному возрастанию $tg\delta$, а на зависимости ϵ появляется максимум при содержании окиси железа 60 мас.ч.

Введение окиси меди также незначительно повышает $tg\delta$, а на зависимости ϵ появляется максимум при 40 мас.ч. окиси меди. Каолин, незначительно увеличивая, $tg\delta$ приводит к снижению ϵ эпоксидных покрытий.

В тоже время почти все наполнители существенно влияют на прочностные свойства, особенно на адгезионную прочность, микротвёрдость и теплостойкость терморезистивных эпоксидных полимерных композиционных материалов, являющихся важнейшими свойствами полимерных покрытий.

Выводы. Проведённые исследования показали, что введение различных наполнителей в эпоксидные полимерные композиции позволяет эффективно управлять их электрофизическими, триботехническими и механическими свойствами. Наиболее существенное снижение объёмного и поверхностного сопротивления наблюдается при использовании электропроводящих наполнителей, таких как сажа, графит, металлические порошки. Характер распределения частиц, их природа и концентрация критически влияют на формирование проводящих структур внутри полимера. Кроме того, наполнители оказывают значительное влияние на диэлектрические параметры и прочностные характеристики, в том числе адгезию, микротвёрдость и термостойкость, что делает их ключевым инструментом в разработке функциональных и долговечных покрытий на эпоксидной основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липатов Ю.С. Межфазные влияния в полимерах. – Киев.: Наукова думка, 1980. – 260 с.
2. Негматов С.С., Джалилов Н.Х. и др. Трибоэлектрические свойства композиционных полимерных покрытий при трении с хлопком-сырцом //Композиционные полимерные материалы и их применение в народном хозяйстве: Тез.докл. I Всесоюзн.конф. - Ташкент, 1983. -Ч.II. - С. 129-130.
3. Тростянская Е.Б., Шадчина З.М. Граничные слои в полимерных композиционных материалах. ВИНТИ Москва, с. 122, 1989.
4. Негматов С.С., Абед Н.С., Негматова К.С., Эминов Ш.О., Баракаева С.Т., Сайфуллаева Г.И. «Исследование электро-механических свойств композиционных терморезистивных полимерных материалов». // Композиционные материалы. –Ташкент, 2020. - №4.
5. Джалилов Н.Х., Негматов С.С. и др. Исследование влияния электропроводящих наполнителей на трибоэлектрические процессы при взаимодействии полимерных покрытий с хлопком-сырцом //Механоэмиссия и механохимия твердых тел: Тез. докл. УШ Всесоюзн. Симпозиума. - Таллин, 1981. -С. 45-46.
6. Гуль В.Е., Шенфиль Л.З. Электропроводящие полимерные композиции. – М.: Химия, 1984. – 240 с.

Негматов С.С., Исмаилов Р.И., Раупова Д.Н., Рахимов Х.Ю., Мусабеков Д.Х. Исследование процесса обессоливание нефтеемульсии в зависимости от вида и содержания деэмульгаторов	53
Неъматова С.Т., Каттаев Н.Т., Колядин В.Г., Акбаров Х.И. Получение оксида ванадия (V) на основе промышленных отходов	56
Якубов М.М., Суннатов Ж.Б., Максудходжаева М.С., Валиев Х.Р. Вовлечение в пирометаллургическую переработку золотосодержащих упорных руд и отходов обогащательных фабрик АО «Алмалыкский ГМК»	60
Эминов Аф.А., Эминов А.М., Кадырова З.Р. Обжиг тонкокерамических изделий: режимы и сущность процессов образования структуры	62
Турсунов А.С., Турдалиев У.М., Оразимбетова Г.Ж. Обогащения глауконитовых руд по методу простого отмучивания	68
Каршиев М., Файзиев М.М. Определение адгезионных свойств лабораторных образцов полученным газопламенным напылением с последующим оплавлением	70
Ochilov M., Mamatkulov N.N., Abdushukurov A.K. Fenil-4-metoksifenoksipropionat sintez usuli va uning texnologik sxemasini ishlab chiqish	73

4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

Абед Н.С., Негматов С.С., Нормуродов А.А., Туляганова В.С., Джабборов Б.Т., Бозорбоев Ш.А. Исследование электрофизических свойств разрабатываемых композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе	76
Фузаилова К.Р. Исследование свойств композиционных материалов, использующихся в раскладках головного убора	79
Во'rixonov B.X., Rajabova G.R., Berdimurodov E.T., Panjiyev A.X. Uchlamchi aminlar asosida sintez qilingan to'rtlamchi ammoniy tuzlarini kvant-kimyoviy hisoblashlarni amalga oshirish	81
Махкамов В.Г'. Mahalliy xomashyodan sintez qilingan pan/vermikulit kompozitining Cu(II), Ni(II) ionlari bilan sorbsiyasi	86
Тошпулатова Г.Р., Хушвактова У.А., Абдурахимов К.Г., Дехканбаева С.А., Камолов Т.О. Исследование механизма окисления молибденита азотной кислотой	89
Xudoynazarov F.S. Piroliz qurumining termodinamik xossalari	93
Lutfullayev S.Sh., Sayfullayev T.X., Xayitov J.K. Qayta ishlangan polietilen asosidagi kompozitlarning mexanik xossalariга somon tolalaring miqdori va o'lchami ta'siri	96
Негматов С.С., Мусабеков Д.Х., Исмаилов Р.И., Раупова Д.Н., Рахимов Х.Ю. Проведение опытно-производственные испытания разработанных композиционных химических деэмульгаторов для обезвоживания и обессоливания нефти в условиях ООО «Ферганский НПЗ»	99
Абдувалиева К.Х. Экологические аспекты интенсификации процесса извлечения платиноидов из техногенного сырья	102
Сайназаров А.М., Маткаримов С.Т., Мухаметджанова Ш.А., Носирходжаев С.К. Микроструктурное и фазовое исследование шлака донной корки кислородно-взвешенной плавки меди на стадии шлакоотвода	103

5. Методы исследования, приборов и оборудований композиционных материалов

Qarshiyev H.K., Xasanov A.S., Murashkeyevich S.M., Mirzanova Z.A. Eritmadan kobaltni oksidlab-cho'ktirishning zamonaviy holati va oksidlab cho'ktirishga ta'sir etuvchi omillarni tadqiq qilish.....	107
Во'rixonov B.X., Ahmadova R.S., Tojimuhamedov H.S., Panjiyev A.X. Etilenxlorgidrin asosida to'rtlamchi ammoniy tuzlari sintezi va ularni xitozan bilan modifikatsiyasi	113
Сидрасулиева Г.Б., Каттаев Н.Т., Акбаров Х.И. Синтез, идентификация и морфология поверхности нанокompозита O-g-C ₃ N ₄ /ZnO	116
Мнажов А.Н., Абылова А.Ж. Қорақалпоғистон республикаси устурт текислиги гипс минералларининг кимёвий, физик-кимёвий таҳлил натижалари	120