

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЯХ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ХЛОПКОМ-СЫРЦОМ

¹Абед Н.С., ¹Негматов С.С., ²Бухаров С.Н., ²Сергиенко В.П., ¹Косимов Ш.Б., ¹Туляганова В.С.,
¹Бозоров А.Н., ¹Шамсиева С.С., ³Эшкобилов О.Х., ¹Джабаров Б.Т.

¹Государственное учреждение «Фан ва тараккиет»

²Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси Национальной академии наук

³Каршинский государственный технический университет

Введение. В современных условиях важной задачей является повышение эффективности и надежности оборудования, применяемого при переработке хлопка-сырца. Существенное влияние на его работу оказывает взаимодействие рабочих органов с материалом, сопровождающееся трением, износом и процессами электризации.

При фрикционном контакте полимерных покрытий с хлопком-сырцом возникают электростатические заряды, которые влияют на электрофизические и физико-механические свойства материалов. Повышенная электризация приводит к ухудшению антифрикционных свойств, увеличению пожароопасности и снижению качества переработки, тогда как её уменьшение способствует улучшению эксплуатационных характеристик покрытий.

Несмотря на имеющиеся исследования, процессы электризации в системе «полимер - хлопок-сырец» изучены недостаточно, особенно с учетом влияния природы полимеров и наполнителей.

Целью работы является исследование процессов электризации полимерных и композиционных покрытий при трении с хлопком-сырцом и установление влияния их состава и структуры на антиэлектростатические и антифрикционные свойства.

Результаты исследований. Анализ проведенных теоретических и экспериментальных исследований показал, что процессы взаимодействия полимерных покрытий с хлопком-сырцом имеет сложную природу. При этом специфика контактирующих тел (полимер-хлопок-сырец) обуславливается процессами электризации воздействующих на поверхностные слои полимерных покрытий и тем самым влияющих на их электрофизические и физико-механические свойства. Кроме того, показано, что уменьшение электризации полимерных покрытий способствует улучшению их антифрикционных свойств. Эти результаты позволяют направленно изменять и регулировать антиэлектростатические и антифрикционные свойства полимерных покрытий, работающих при взаимодействии с хлопком-сырцом.

С целью выбора наиболее активных полимерных материалов для использования в качестве покрытий, ранее нами был проведен анализ условий работы машин и механизмов хлопкозаводов, так как в конечном итоге эффективность применения полимерных покрытий зависит от конструкции и назначения машин, материала, условий эксплуатации и т.п. Как отмечено в работах [1-5] машины и механизмы, применяемые для переработки хлопка-сырца, имеют конструктивные, технологические и целый ряд специфических недостатков, влияющих на природные свойства хлопка-сырца, и которые сводятся к следующему: повреждению хлопковых волокон и семян, возникновению шума и пожароопасности; высокий коэффициент трения; острые кромки заусенцев, шероховатость и субмикронеровности; повышенная пожароопасность, возникающих при ударе рабочих органов машин с твердыми включениями, находящимися в хлопке-сырце.

В соответствии с вышеизложенным выбор полимерных материалов в качестве основы антиэлектростатических полимерных композиций осуществлялся по последующим критериям: технологичность и экономичность используемого полимерного материала, методики и аппаратуры для нанесения покрытий на поверхности рабочих органов машин; комплекс необходимых для условий эксплуатации электрофизических и физико-механических свойств, сохраняющих стабильность при температурах от -20 до +80°C и влажности окружающей среды до 80%, а также при воздействии климатических факторов и агрессивных сред; при работе на трение должны обладать высокими антифрикционными свойствами в диапазоне скоростей до 8 м/с (иногда до 25 м/с) и нагрузок от 0,005 до 0,05 МПа и сравнительно низкой электризуемостью.

Наиболее полно удовлетворяют общим и специальным требованиям и условиям эксплуатации такие полимеры как ЭД-16, ФАЭД-20 и ФАЭС-30 которые и были выбраны в качестве основы для создания антиэлектростатических полимерных

материалов функционального назначения. Эти полимерные материалы обладают наилучшими антифрикционными свойствами, высокой теплостойкостью, технологичностью получения покрытий.

Для качественной оценки процессов электризации полимерных покрытий были выполнены исследования кинетики электризации, которые показали, что наиболее быстро электризуются полярные фурано-эпоксидные олигомеры (табл.1).

Таблица 1

Кинетика изменения поверхностной плотности заряда полимерных покрытий при их взаимодействии с хлопком-сырцом со скоростью скольжения $V=6$ м/с и удельным давлением $P=0,05$ МПа

Наименование	Время взаимодействия τ , кс	Поверхностная плотность заряда, $\sigma \cdot 10^6$ Кл/м ²
ФАЭИС-30	0,04	75
	0,08	78
	0,12	79
	0,16	79
ФАЭД-20	0,04	70
	0,08	75
	0,12	76
	0,16	76
ЭД-16	0,04	35
	0,08	42
	0,12	43
	0,16	43

При этом, отмечено, что степень электризации полимерных покрытий определяется как скоростью образования, так и скоростью утечки зарядов и зависит от природы полимера.

Установлено, что после прекращения фрикционного взаимодействия полимерных покрытий с хлопком-сырцом, заряды

длительное время сохраняются на поверхности покрытий (табл. 2).

Исследования процессов электризации показали, что под действием температуры в зоне трения полимерные покрытия на основе ЭД-16, ФАЭД-20 и ФАЭИС-30 незначительно изменяют электропроводность с увеличением температуры в контактной зоне полимер-хлопок.

Таблица 2

Кинетика изменения поверхностной плотности заряда полимерных покрытий после прекращения фрикционного взаимодействия с хлопком-сырцом со скоростью скольжения $V = 6$ м/с и удельным давлением $P = 0,05$ МПа

Наименование	Время взаимодействия, τ , кс	Поверхностная плотность заряда, $\sigma \cdot 10^6$ Кл/м ²
ФАЭИС-30	1,2	69
	2,4	62
	3,6	49
	4,8	41
	6,0	38
ФАЭД-20	1,2	64
	2,4	50
	3,6	42
	4,8	32
	6,0	29
ЭД-16	1,2	52
	2,4	45
	3,6	32
	4,8	22
	6,0	18

Такой характер влияния электропроводности от температуры определяет процессы установления равновесного состояния

между образованием и утечкой электростатических зарядов.

Показано, что объяснить зависимость электризации от вида и природы полимерных

покрытий только с точки зрения современной теории донорно-акцепторного взаимодействия не представляется возможным, так как в стабильном режиме трения, полимерные покрытия всегда приобретали положительный знак зарядов, а хлопок-сырец - отрицательный знак. При этом выявлена зависимость электризации от степени "сшивки" для терморезактивных полимеров.

С увеличением степени сшивки макромолекул терморезактивных полимеров при взаимодействии с хлопком-сырцом возрастает образование электризации в контактной зоне трущихся пар.

Возрастание электризации при увеличении содержания отвердителя ПЭПА до 25-30 мас.ч. у ФАЭД-20 и ФАЭИС-30 и до 12 мас.ч. у ЭД-16 связано с возрастанием степени структурирования и сшивки макромолекул и, соответственно, уменьшением электропроводности и возрастанием микротвердости. При этом уменьшается утечка зарядов и изменяется характер контактного взаимодействия полимерных покрытий с хлопком-сырцом. Дальнейшее увеличение содержания ПЭПА приводит к снижению поверхностной плотности электростатических зарядов, что объясняется пластифицирующим воздействием избыточного количества отвердителя на полимерную систему, в результате чего увеличивается гибкость полимерной цепи и, соответственно, электропроводность.

При увеличении концентрации пластификатора ДБФ в составе ЭД-16, ФАЭД-20 и ФАЭИС-30 электризация вначале уменьшается и при содержании 10-15 мас.ч. возрастает. Дальнейшее увеличение содержания ДБФ в покрытиях снижает их электризацию. Увеличение концентрации ДБФ более 15 мас.ч. способствует усилению подвижности цепей макромолекул полимера и, соответственно, к возрастанию утечки зарядов за счет увеличения электропроводности.

Исследования показали, что при фрикционном взаимодействии полимерных

покрытий с хлопком-сырцом образующиеся электростатические заряды способствуют активизации поверхностных слоев покрытий и хлопка-сырца и их существенным структурным и физико-химическим изменениям. Об увеличении активности поверхностных слоев покрытий в реакциях термоокисления кислородом воздуха, а также об изменении кристалличности свидетельствуют соответствующие экзотермические пики на термограммах, а также данные рентгеноструктурного анализа и изменения в интенсивности полос поглощения в ИК-спектрах полимерных покрытий, снятых для исходных образцов и после фрикционного взаимодействия с хлопком-сырцом.

Показано, что чем выше активность полимера в реакциях термоокисления, на что указывает увеличение оптической плотности полос поглощения, связанных с колебаниями кислородсодержащих групп в ИК-спектрах полимеров, тем меньше полимер электризуется. Отмечены также структурные изменения и в хлопковом волокне, причем электризация активизирует процессы химического взаимодействия продуктов деструкции с хлопковой целлюлозой, о чем свидетельствуют ИК-спектры хлопкового волокна.

Вывод. Таким образом, результаты исследований позволили установить основные закономерности электризации полимерных покрытий при трении скольжения с хлопком сырцом в зависимости от вида и природы терморезактивных материалов. Как видно из полученных результатов терморезактивные полимеры при трении с хлопком-сырцом наиболее быстро 0,04-0,06 кс электризуются и значение плотности заряда находится в пределах $64-75 \sigma \cdot 10^6$ Кл/м², в полимерных покрытиях с хлопком-сырцом электрические заряды длительное время сохраняются на поверхности покрытий. Так, у покрытий из ФАЭД-20, ЭД-16 и ФАЭИС 30 плотность заряда после 6,0 кс находится в пределах $28-10 \sigma \cdot 10^6$ Кл/м².

ЛИТЕРАТУРА

1. Негматов С.С., Джумабаев А.Б., Джалилов Н.Х. Физико-химические процессы при фрикционном взаимодействии композиционных полимерных материалов с волокнистой массой // «Триботехника-87»: Сб. докл. конф. - Бухарест, 1987.- С.159-166.
2. Абед Н.С. Создание эффективных композиционных полимерных материалов конструкционного назначения и разработка технологии получения деталей хлопкоперерабатывающих машин: Дисс. ... док. техн. наук. – Ташкент, 2015. – 225 с.
3. Шполянский Д.М. Комплексная механизация уборки хлопка – М.: Высшая школа, 1972.- 319 с.
4. Раджапов У.Р. Исследование пневмотранспорта хлопковых семян в горизонтальном трубопроводе: Автореферат дис... канд.тех наук. - Ташкент, 1974.- 23 с.
5. Амиров Г.А. Исследование влияния средств механизации и пневмотранспортных установок на качество волокна: Автореферат дис.... канд.тех. наук. -Ташкент, 1976.- 26 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокomпозитов

- Негматов С.С., Абед Н.С., Талипов Н.Х., Салимова С.А., Панжиев О.Х., Икрамова М.Э.** Исследование физико-химико-механических и технологических свойств выбранных минеральных ингредиентов их совместимость с водорастворимым полимером и структурирование в системе цемент-микрокремнезем и разработка эффективных составов композиционных тампонажных материалов на их основе..... 3
- Касимова М.Н., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Бабаджанова М.А., Лапасова Ф.А.** Исследование свойств композиционных красителей на основе солей поливалентных металлов, применяемых для крашения природных волокон и тканей на их основе 9
- Негматов С.С., Хурсанов А.Х., Негматов Ж.Н., Абед Н.С., Икрамова М.Э., Рахимов Х.Ю., Курбонов У.М., Бозоров Д.** Разработка инновационной технологии получения композиционных химических флотореагентов – вспенивателей на основе органоминеральных ингредиентов с использованием местного сырья и отходов производств для извлечения цветных, редких и благородных металлов из пульпы медно-молибденовой руды 13
- Mengliyeva A.N., Kamalova D.I., Sultonov S.O’.** Polimer kompozit materiallar tuzilishining mexanik xossalarga asosiy ta’siri 15
- Inog’omov S.Y., Asrorov U.A.** Natriy-karboksimetiltsetillyuloza va poliakrilamid asosida olingan interpolimer kompleksini reologik xossalari o’rganish 19
- Bobonazarova S.H.** 2-xlor-n-tolilatsetamidlarining 8-oksixinolin alkaloidi bilan nukleofil almashinish reaksiyalari 25
- Амонова М.М., Рашитова Ш.Ш.** Термик фаоллаштирилган сапропель асосидаги сорбентларининг физик-кимёвий ва адсорбцион хусусиятлари 27
- Mamirov A.M., Olimov L.O.** Tarkibiga ishqoriy metall atomlari kiritilgan granullangan kremniy kompozit nanozarralari mikrotuzilmasi va morfologiyasi 30
- Сидрасулиева Г.Б., Айтмуратова А.Е., Муяссарова Р.И., Есиркепова В. К., Нурымбетова М.Т., Каттаев Н.Т., Акбаров Х.И.** Синтез и фотокаталитические свойства нанокomпозита O-g-C₃N₅/ZnO 33
- Негматов Ж.Н., Хурсанов А.Х., Негматов С.С., Бозоров Д., Курбонов У.М., Негматова К.С., Абед Н.С., Рахимов Х.Ю., Эрнийёзов Н.Б., Бозоров А.Н.** Композиционные химические флотореагент-вспениватель для извлечения цветных и благородных металлов в процессе флотации из пульпы медно-молибденовых руд 36
- Каримова Г.Ш., Гафуров Д.Н., Бозорова Н.Х.** Нанокomпозиты, полученные на основе полимеров и слоистых силикатов 39

2. Физико-механика и трибология композиционных материалов

- Абед Н.С., Негматов С.С., Бухаров С.Н., Сергиенко В.П., Косимов Ш.Б., Туляганова В.С., Бозоров А.Н., Шамсиева С.С., Эшкobilов О.Х., Джабаров Б.Т.** Исследование трибозлектрических процессов в полимерных покрытиях при взаимодействии с хлопком-сырцом 42
- Косимов Ш.Б., Абед Н.С., Негматов Ж.Н.** Исследование работоспособности и долговечности созданных деталей рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов из антифрикционных и антифрикционно-износостойких полипропиленовых композиционных материалов.. 45
- Хаминов Б.Т.** Ультрадисперс титан карбид билан модификацияланган вольфрам карбид кобальтти қаттиқ қотишма бармоқларини руда майдалаш цехларида эксплуатацион шароитда апробациядан ўтказиш 47
- Tursunbayev S.A., To’raho’jaeva A.N. Rizayeva N.M., Mahmudov F.M., Nurdinov Z.B.** Alyuminiy qotishmalarining suyuqoquvchanliligiga titan elementining ta’siri 49
- Ахмеджанов Ю.А., Махмудова Н.Х.** Определяющие соотношения процесса вспучивания композиционных материалов 51