

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ КОМПОЗИТОВ С СЕГРЕГИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ, СОДЕРЖАЩИХ НАНОРАЗМЕРНЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ

Абед Нодира Сойибжоновна

Государственное учреждение «Фан ва тараккиет»

Аннотация. В работе представлена разработка метода формирования электропроводящих полимерных композитов с сегрегированной структурой, содержащих наноразмерный углеродный наполнитель. В качестве матрицы использованы фенолформальдегидные смолы, а в качестве проводящей фазы - углеродные материалы различной морфологии и дисперсности, включая графиты, технический углерод, кокс и углеродные нанотрубки. Предложен двухстадийный способ совмещения компонентов, обеспечивающий формирование проводящей сети преимущественно по границам структурных элементов матрицы при последующем прямом прессовании.

Проведен морфологический анализ углеродных наполнителей методом растровой электронной микроскопии, позволивший установить влияние формы и размерности частиц на механизм формирования токопроводящих каналов. Показано, что сочетание макродисперсных графитовых частиц и наноразмерных углеродных структур способствует образованию устойчивых проводящих «мостиков», снижению контактного сопротивления и улучшению триботехнических характеристик материала.

Разработанные экспериментальные составы композитов рекомендованы для применения в узлах токосъема и электротехнических системах, работающих в условиях динамического электрического контакта.

Ключевые слова: электропроводящие композиты; сегрегированная структура; углеродные наполнители; графит; технический углерод; кокс; углеродные нанотрубки; наноразмерный наполнитель; проводящая сеть; контактное сопротивление; объемное электрическое сопротивление; триботехнические свойства; электроэрозионный износ; токосъемные вставки.

Введение. Научные и прикладные исследования в области создания электропроводящих контактных материалов сосредоточены на развитии фундаментальных представлений о механизмах и закономерностях токопрохождения в условиях динамического контакта. Повышенные требования к надежности и ресурсу работы узлов токосъема в энергетическом оборудовании, железнодорожном транспорте и городском электротранспорте обуславливают необходимость разработки новых материалов с улучшенными электрофизическими и триботехническими характеристиками.

Подвижные контактные сопряжения являются наименее надежными элементами электротехнических систем и во многом определяют их эксплуатационную надежность и экономическую эффективность. В процессе работы материалы контактной пары подвергаются комплексному воздействию электрических и механических факторов. Согласно данным [1], значительная доля отказов токоприемников железнодорожного транспорта связана с износом токосъемных вставок.

Материалы контактной пары в процессе эксплуатации подвергаются

электроэрозионному и механическому изнашиванию. Электроэрозионное разрушение обусловлено искрением и дуговыми разрядами, возникающими при нарушении стабильности контакта. Механический износ является следствием трения токосъемной вставки и контактного провода. Как показано в работе [2], механические повреждения поверхности токосъемных вставок приводят к уменьшению площади фактического контакта, что вызывает локальное увеличение плотности тока и перегрев контактной зоны. Это, в свою очередь, интенсифицирует электроэрозионные процессы и ускоряет деградацию материала.

В современных условиях особую актуальность приобретает проблема замещения традиционных медьсодержащих контактных материалов в связи с ужесточением экологических норм в странах Европейского Союза и США. Ограничения на использование тяжелых металлов стимулируют разработку альтернативных материалов на основе полимерных композитов с углеродными наполнителями.

Перспективным направлением является создание электропроводящих композитов с сегрегированной структурой. В таких

материалах токопроводящая фаза распределяется преимущественно по границам структурных элементов полимерной матрицы, формируя непрерывную проводящую сеть при относительно низкой концентрации наполнителя. Подобный подход позволяет одновременно повысить электропроводность, снизить контактное сопротивление и улучшить износостойкость материала.

Теоретические и технологические основы получения наполненных полимерных композитов подробно рассмотрены в работах [3, 4], где подчеркивается определяющая роль стадии смещения компонентов в формировании структуры и свойств материала.

Целью настоящей работы является разработка метода формирования электропроводящих композитов с сегрегированной структурой, содержащих наноразмерный углеродный наполнитель, а также получение экспериментальных составов материалов, предназначенных для применения в машиностроении и узлах токосъема.

Материалы и методы исследований. В качестве полимерной матрицы использовали фенолформальдегидные смолы (ФФС) и их композиции. Выбор данного типа связующего обусловлен его высокой теплостойкостью, механической прочностью и устойчивостью к электрическим нагрузкам.

В качестве углеродных наполнителей применялись материалы различной природы, формы и дисперсности:

- графит карандашный марки ГК-1 (ГОСТ 4404-78);
- графит карандашный марки ГК-3 (ГОСТ 4404-78);
- графит тигельный марки ГТ-2 (ГОСТ 4596-75);
- коллоидно-графитовый препарат С-1 (ТУ 113-08-48-63-90);
- графит кристаллический литейный марки ГЛ-1 (ГОСТ 5279-74);
- технический углерод (сажа) (ГОСТ 7885-86);
- графит для производства электроугольных изделий марки ЭУТ-2 (ГОСТ 10274-79);
- графит элементный марки ГЭ-1 (ГОСТ 7478-75);
- кокс (ГОСТ 2669-81);
- углеродные нанотрубки OCSiAl (ТУ 20.13.21-001-91735575-2023).

Ключевой стадией получения композита является процесс совмещения компонентов. Формирование сегрегированной структуры осуществляли в два этапа.

На первом этапе проводили насыщение поверхности макроскопических частиц наполнителя наноразмерными и высокодисперсными добавками в вертикальном

высокоскоростном смесителе при больших скоростях сдвига. Это обеспечивало адсорбцию наноразмерных частиц на поверхности более крупных фракций и создание предпосылок для формирования проводящих «мостиков».

На втором этапе композиционный материал дорабатывали в двухлопастном смесителе при малых скоростях сдвига, что позволяло сохранить сформированную пространственную организацию проводящей фазы.

Формование образцов проводили методом прямого прессования. Данный метод является эффективным для получения композитов сегрегационного типа, поскольку минимизирует перераспределение наполнителя в объеме материала в процессе переработки.

Морфологию частиц углеродных наполнителей исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LSH.

Результаты исследований и их обсуждение. Для изучения влияния формы и размерности частиц на эксплуатационные характеристики полимерных композитов методами электронной микроскопии были получены РЭМ-изображения выбранных углеродных наполнителей. Исследование частиц углеродных наполнителей проводили на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LSH.

На рисунке 1 представлены РЭМ-изображения углеродных наполнителей различного типа при увеличении 200 мкм.

Анализ микроструктуры (рисунок 1) показал, что исследуемые углеродные наполнители существенно различаются по форме и размерности частиц. Графитовые материалы характеризуются пластинчатой структурой с выраженной анизотропией. Коллоидно-графитовый препарат и технический углерод обладают развитой агрегированной структурой с высокой удельной поверхностью. Кокс представлен более крупными и нерегулярными частицами. Углеродные нанотрубки имеют волокнистую наноразмерную морфологию и большое отношение длины к диаметру.

Выявленные различия оказывают значительное влияние на формирование проводящей сети в полимерной матрице. Частицы пластинчатой формы способствуют формированию плоскостных проводящих контактов, тогда как наноразмерные волокнистые структуры обеспечивают пространственное армирование и образование разветвленной токопроводящей сетки.

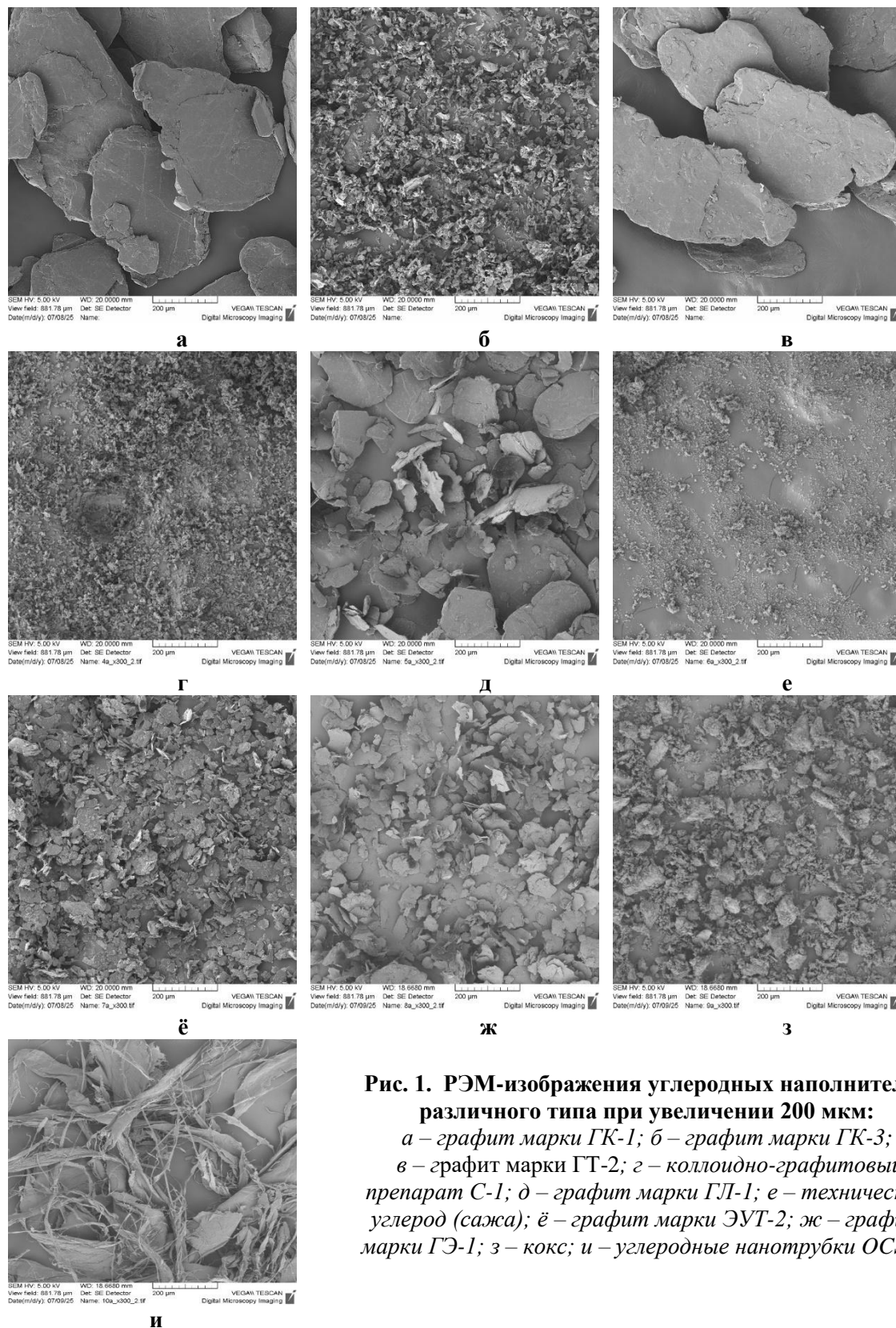


Рис. 1. РЭМ-изображения углеродных наполнителей различного типа при увеличении 200 мкм:
а – графит марки ГК-1; б – графит марки ГК-3; в – графит марки ГТ-2; г – коллоидно-графитовый препарат С-1; д – графит марки ГЛ-1; е – технический углерод (сажа); ё – графит марки ЭУТ-2; ж – графит марки ГЭ-1; з – кокс; и – углеродные нанотрубки OCSiAl

Использование наноразмерных углеродных наполнителей позволяет реализовать сегрегированный механизм распределения проводящей фазы. В результате токопроводящие элементы концентрируются преимущественно по границам полимерных частиц, формируя устойчивые проводящие каналы при меньшем общем содержании наполнителя.

Предложенный подход также направлен на снижение разности между коэффициентами статического и динамического трения. Минимизация этой разности уменьшает скачкообразный характер движения при трении, снижает вероятность искрения и способствует стабилизации контактного сопротивления.

Таким образом, результаты морфологического анализа подтверждают

СОДЕРЖАНИЕ

1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокomпозитов

- Негматов С.С., Абед Н.С., Негматова К.С., Туляганова В.С., Негматов Ж.Н., Касимов Ш.Б., Бозорбоев Ш.А., Муродов И.И., Эргашев Н.Э., Абдукаххоров А.А., Саидкулов С.А.** О механизме физико-химических взаимодействий компонентов композиционных полимерных материалов, наполненных неорганическими и органическими ингредиентами 3
- Абед Ф.Ж., Иногамов С.Е., Туреева Г.А.** Разработка и валидация методов анализа экстракта Алоэ и метилурацила в комбинированных фитоплёнках 9
- Негматов С.С., Бабаханова М.А., Касимова М.Н., Раупова Д.Н., Шамсиевна С.С.** Исследование влияния состава на свойства композиционных лакокрасочных материалов на основе местного сырья, применяемых в различных отраслях промышленности 13
- Сафаева Д.Р., Шукруллаева М.С., Тиллаев Т.У., Шин И.Г.** Взаимосвязь структуры и энергетического состояния запечатываемых полимерных пленок с напряжением коронного разряда при их активации 16
- Негматов С.С., Хурсанов А.Х., Негматов Ж.Н., Негматова К.С., Абед Н.С., Холмурадова З.К., Икрамова М.Э., Эрнийёзов Н.Б.** Исследование состава и технологических режимов флотационного обогащения медно-молибденовых руд месторождения «Кальмакыр» с применением флотореагента-вспенивателя КХФ-ВС..... 18
- Жумаева А.А.** Модификацияланган поливинилхлориднинг юмшаш ҳароратларини ўрганиш 21
- Khusanova M.F., Djalilov A.T., Beknazarov X.S.** Synthesis and physicochemical characterization of highly absorbent oleogels 24
- Эшдавлатова Г.Э., Камолов Л.С., Бобилова Ч.Х.** Исследование эффективности пенообразования на основе блок-сополимеров в растворах диэтанолamina 27
- Radjabov O.I., Yariev O.O., Azimova L.B., Djurabaev Dj.T., Filatova A.V., Turaev A.S.** Na-KMS va I tip kollagenning o‘zaro ta’sirini molekulyar doking usulida ilmiy asoslash 30
- Айтмуратова А.Е., Сидрасулиева Г.Б., Каттаев Н.Т., Акбаров Х.И., Дадаходжаев А.Т.** Синтез нанодисперсного NiO из отработанного промышленного катализатора ТО-2 и исследование его структурных и адсорбционных свойств 34

2. Физико-механика и трибология композиционных материалов

- Abed N., Negmatova K., Tulyaganova V., Tukhtasheva M., Shamsiyeva S., Kosimov Sh.** Investigation of the influence of the nature and type of fillers on the antifriction-wear-resistant properties of composite polymer coatings 39
- Алланазаров А.А.** Оқ чўянларни кесувчи асбоб тифининг ейилишга бардошлигини назарий тадқиқи 42
- Berdiyev D.M., Liang Z., Abdullayev A.X., Ibroximova M.M.** Nikel asosli olovbardosh qotishmalar xossalariга metallmas qo‘shimchalarning ta’siri 44
- Абдуллаев Ф.К., Йулдошев О.Ч.** Экспериментальное исследование жидкотекучести чугуновых сплавов. 47
- Алланазаров А.А., Ахмедов А.Х., Шакиров Ш.М., Хусанов У.С.** Оқ чўянга механик кесиб ишлов бериш жараёнини назарий тадқиқ этиш 50
- Saidakhmedova G.R., Inoyatkhodjaev J.Sh., Saydakhmedov R.Kh., Parpiev M.M.** Effect of aluminum coating thickness on the performance characteristics of reflectors 54
- To‘rayev A.N., Murodqosimov R.X., Axmedova M.E., Solijonova Sh.X., Xolmatov E.M., Rajabova M.A.** Nikel qo‘shimchasining alyuminiy qotishmalarining yeyilishbardoshligiga ta’sirini o‘rganish 57
- Kodirov O., Safarov T., Beknazarov Kh.** Study kinetic results of the inhibitors synthesis of corrosion inhibitor based on P-phenylenediamine, formalin and alanine 59

3. Разработка и технология получения композиционных материалов

- Абед Н.С.** Разработка метода формирования электропроводящих композитов с сегрегированной структурой, содержащих наноразмерный углеродный наполнитель 64