

держанием бора от 1 до 9 масс. % (оптимально – 4,5 – 4,9 масс. %). Данный порошок-инструмент отличается высокой производительностью и стойкостью, полирующей способностью, более технологичен в изготовлении и использовании по сравнению с известными аналогами.

Литература

1. Петришин, Г.В. Износостойкие гетерогенные покрытия из борированных наплавочных материалов на основе отходов стальной дробы, нанесенные магнитно-электрическим методом: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / Г.В. Петришин; ГГТУ им. П.О. Сухого. – Гомель, 2006. – 178 с.

2. Порошок для магнитно-электрического упрочнения: пат. № 11033 Респ. Беларусь МПК (2006) В 23К 35/30 / Ф.И. Пантелеенко, П.С. Гурченко, М.И. Демин, В.А. Люцко, Г.В. Петришин, Е.Ф. Пантелеенко, В.И. Сороговец, А.Ф. Пантелеенко; заявитель УО «Полоцкий государственный университет». – № а20050945; заявл. 03.10.2005; опубл. 30.06.2007.

3. Пантелеенко, Е.Ф. Самофлюсующиеся композиционные порошки из борированных отходов стальной и чугунной дробы для магнитно-электрического упрочнения и восстановления деталей машин: дисс. ... канд. техн. наук: 05.16.06 / Е.Ф. Пантелеенко; БНТУ. – Минск, 2009. – 163 с.

4. Ферромагнитный абразивный материал: пат. № 16981 Респ. Беларусь, МПК8, С 9К 3/14, В 24D 3/34, С 23С 8/68 / Ф.И. Пантелеенко, Г.В. Петришин, В.М. Быстренков, Е.Н. Демиденко, А.Ф. Пантелеенко. МПК8, С 9К 3/14, В 24D 3/34, С 23С 8/68; опубл. 30.04.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2. – С. 104 – 105.

УДК 539.216.2(045)

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ РАСТВОРНЫЕ ФТОРСОДЕРЖАЩИЕ ПОКРЫТИЯ

А. В. Брижевич, Ю. В. Калинин

*Солигорский Институт проблем ресурсосбережения
с опытным производством, Солигорск*

В номенклатуре ингибиторов изнашивания металлополимерных систем особое место занимают фторсодержащие материалы, которые применяются в виде деталей трения (композиционных и металлопластовых подшипников скольжения, сепараторов подшипников качения, подвижных и торцевых уплотнений), покрытий и тонких пленок на рабочих поверхностях деталей и обрабатываемого инструмента, компонентов (присадок) пластичных смазок, смазочно-охлаждающих технологических сред, гид-

равлических масел и амортизирующих сред [1 – 5]. Анализ многих литературных источников, посвященных исследованию механизмов трения и изнашивания фторматериалов, свидетельствует о преобладающем подходе к разработке методов функционального модифицирования матричных связующих, основанном на введении наполнителей различного состава, строения, дисперсности, технологии получения [1 – 11].

Эффективными материалами для полимерных тонких покрытий оказались фторсодержащие олигомеры (ФСО), в которых благодаря присутствию в макромолекуле атомов фтора достигаются высокие антифрикционные свойства [12 – 15].

Тонкопленочные олигомерные покрытия формируют на твердых подложках из разбавленных растворов во фреоне, хладоне или воде с последующим удалением растворителя. Традиционно по такой технологии наносят лакокрасочные материалы, пленки на основе фенолоальдегидных, полиэфирных, эпоксидных и других связующих. В настоящее время разработаны растворимые составы фторсодержащих олигомеров, из которых формируют антиадгезионные, антифрикционные и гидрофобные покрытия на поверхностях деталей трения, литевых форм и технологической оснастки для металлообработки. Установлено, что применение фторсодержащих олигомеров приводит к уменьшению коэффициента трения пары «металл – металл» в 3 – 5 раз и величины износа на порядок [17 – 20].

В работах И.М. Гарбара и сотрудников [21 – 23] были сделаны первые попытки объяснить противоизносное действие фторсодержащих олигомеров типа «Эпилам». Было установлено, что эпиламирование состоит в образовании на поверхности металлов пленки толщиной 3 – 6 нм, но не более 30 нм, не влияющей на дислокационную структуру и твердость металла. Процесс эпиламирования продолжается в течение 1,5 – 3 мин выдержки обрабатываемой поверхности в растворе. Термостатирование на воздухе приводит к более равномерному распределению ФСО по поверхности детали. Тонкая пленка олигомера на поверхности материала способствует удерживанию жидкой среды на границе раздела «ФСО – металл». При этом с повышением поверхностной энергии металла количество удерживаемой смазки увеличивается. Также было установлено, что ФСО в паре трения, эксплуатируемой со смазкой, удерживает смазочную среду на границе раздела «пленка – подложка» [13, 15, 16].

Анализ литературных источников показывает, что нанесение фторсодержащих олигомеров на рабочие поверхности машин и механизмов является одним из перспективных направлений повышения триботехниче-

ских, коррозионных, антиадгезионных свойств поверхности. Однако недостаточность данных о влиянии технологических факторов на структуру и строение олигомерных покрытий на поверхности металлов и полимеров не позволяет полностью спрогнозировать их служебные свойства. Фактически отсутствуют данные о влиянии технологических факторов (тепловых и ионизирующих полей) на структуру и свойства покрытий из ФСО во взаимосвязи с их триботехническими свойствами.

Анализ исследований механизма действия фторсодержащих олигомеров в трибосистемах различного состава и конструкции свидетельствует о необходимости совершенствования методики их введения в зону контактного взаимодействия с учетом особенностей строения, структуры, теплофизических и других характеристик.

Большее внимание целесообразно уделить не прямому применению олигомерных компонентов как антифрикционных и противоизносных добавок, т.к. ресурс тонких пленок весьма ограничен и реализуется только на стадиях приработки узла трения [12], а в виде функциональных модификаторов, способных генерировать ингибиторы изнашивания трибосистемы с пролонгированным механизмом действия [24].

Очевидно, что этот аспект проблемы может быть рассмотрен при использовании фторсодержащих олигомерных компонентов в сочетании с другими эффективными приемами повышения показателей служебных характеристик трибосистем, таких как введение активных наполнителей, влияющих на надмолекулярную, микро- и макрофазную структуры, использование высокопрочных износостойких подслоев для олигомерных пленок, усиливающих эффективность их противоизносного действия, создание заданных параметров микрогеометрии контакта, способствующих увеличению устойчивости разделительного слоя в зоне фрикционного контакта. Эти аспекты проблемы в указанной совокупности в известных литературных источниках не рассматривались, поэтому требуют самостоятельного комплексного исследования.

Литература

1. Сиренко, Г.А. Антифрикционные карбопластики / Г.А. Сиренко. – Киев: Техника, 1985. – 195 с.
2. Новиков, И.И. Бессмазочные поршневые уплотнения в компрессорах / И.И. Новиков, В.П. Захаренко, Б.С. Ландо. – Л.: Машиностроение, 1981. – 240 с.
3. Охлопкова, А.А. Физико-химические принципы создания триботехнических материалов на основе полимеров и ультрадисперсных керамик: дис. ... д-ра техн. наук / А.А. Охлопкова. – Якутск, 2000. – 269 с.

4. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена: структурная модификация / Ю.К.Машков [и др.]. – М.: Машиностроение, 2005. – 240 с.
5. Горяинова, А.В. Фторопласты в машиностроении / А.В. Горяинова, Г.К. Божков. – М.: Машиностроение, 1971. – 160 с.
6. Паншин, Ю.А. Фторопласты / Ю.А. Паншин, С.Г. Малкевич, Ц.С. Дунаевская. – Л.: Химия, 1978. – 232 с.
7. Триботехнические свойства композита Флувис / В.В.Серафимович [и др.] // Трение и износ. – 2010. – Т. 22, № 1. – С. 109 – 112.
8. Модифицирование углеволокон для наполнения политетрафторэтилена / В.А. Шелестова [и др.] // Материалы, технологии, инструменты. – 2002. – Т. 6, № 3. – С. 86 – 89.
9. Фторполимеры / под ред. Л.А. Уолла. – М.: Мир, 1975. – 448 с.
10. Охлопкова, А.А. Пластики, наполненные ультрадисперсными неорганическими соединениями / А.А. Охлопкова, А.В. Виноградов, Л.С. Пинчук. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 1996. – 162 с.
11. Трение и износ материалов на основе полимеров / В.А. Белый [и др.]. – Минск: Навука і тэхніка, 1976. – 430 с.
12. Овчинников, Е.В. Тонкие пленки фторсодержащих олигомеров: основы синтеза, свойства и применение / Е.В. Овчинников, В.А. Струк, В.А. Губанов. – Гродно: ГГАУ, 2007 – 326 с.
13. Овчинников, Е.В. Структура и свойства триботехнических покрытий на основе растворов фторсодержащих олигомеров: дис. ... канд. техн. наук / Е.В. Овчинников. – Гродно, 1997. – 240 с.
14. Напреев, И.С. Управление триботехническими характеристиками подшипниковых узлов методом эпиламирования: дис. ... канд. техн. наук / И.С. Напреев. – Гомель, 1988. – 11 с.
15. Бойко, Ю.С. Технологические особенности формирования композиционных тонкопленочных покрытий на основе фторсодержащих полимеров и олигомеров: дис. ... канд. техн. наук / Ю.С. Бойко. – Гродно, 1988. – 127 с.
16. Горбацевич, Г.Н. Структура и технология углеродных герметизирующих материалов для статических и подвижных уплотнений: дис. ... канд. техн. наук / Г.Н. Горбацевич. – Гродно, 2002. – 138 с.
17. Структурные особенности и свойства тонких пленок фторсодержащих олигомеров / А.В.Рогачев [и др.] // Материалы, технологии, инструменты. – 1998. – Т. 3, № 3. – С. 32 – 36.
18. Потеха, В.Л. Теоретико-экспериментальная оценка оптимальных условий эксплуатации эпиламированных трибосопряжений машин / В.Л. Потеха, А.В. Рогачев, И.С. Напреев // Трение и износ. – 1996. – Т. 17, № 6. – С. 764 – 768.
19. Влияние строения фторсодержащих олигомеров на фрикционные свойства низкоскоростных узлов терния / В.А.Струк [и др.] // Трение и износ. – 1996. – Т. 17, № 3. – С. 386 – 390.
20. Овчинников, Е.В. Ориентация фторсодержащих олигомеров типа «фолеокс» на поверхности металла и их триботехнические свойства // Трение и износ. – 1994. – Т. 15, № 6. – С. 1098 – 1101.
21. Природа и механизм действия эпиламов при трении / И.М.Гарбар [и др.] // Трение и износ. – 1990. – Т. 4, № 5. – С. 792 – 801.
22. Триботехнический механизм действия эпиламов при трении / И.М.Гарбар [и др.] // Трение и износ. – 1990. – Т. 4, № 6. – С. 987 – 996.

23. Гулянский, Л.Г. применение эпиламирования для повышения износостойкости изделий // Трение и износ. – 1992. – Т. 13, № 4. – С. 672 – 675.

24. Фторсодержащие ингибиторы изнашивания металлополимерных трибосистем / С.В. Авдейчик [и др.]. – Минск, 2011. – 270 с.

УДК 539.216.2(045)

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ, СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

Ю. В. Мишук

*Солигорский Институт проблем ресурсосбережения
с опытным производством, Солигорск*

Композиты на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), промышленно производимого под различными торговыми марками: фторопласт-4 (Россия), тефлон (США); а также сополимеров политрифторэтилена, известного под торговой маркой фторопласт-3 (Россия); поливинилиденфторида, известного под торговой маркой фторопласт-2 (Россия); сополимера тетрафторэтилена с этиленом, известного под торговой маркой фторопласт-40 (Россия); сополимер тетрафторэтилена с винилиденфторидом, производимого под торговой маркой фторопласт-42 (Россия); сополимер тетрафторэтилена с перфторфилилпропиловым эфиром, известного под торговыми марками фторопласт-50 (Россия), тефлон PFA (США), нашли самое широкое применение для создания элементов различных трибосистем, в т.ч. эксплуатируемых под действием экстремальных параметров.

Наибольшее распространение в трибосистемах получили материалы на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), который обладает характерными свойствами, прежде всего, триботехническими [1 – 11]. Вместе с тем, этот материал имеет и ряд существенных особенностей, которые в некоторых условиях эксплуатации могут быть как достоинствами, так и недостатками.

Такой особенностью ПТФЭ является хладотекучесть. Под действием сравнительно небольших напряжений уже при комнатной температуре начинается пластическая (необратимая) деформация, увеличивающаяся с повышением температуры.

Параметры характеристик механических свойств ПТФЭ в значительной мере определяются степенью кристалличности, т.е. содержанием кристаллической фазы в структуре полимера. Степень кристалличности ПТФЭ