

Гос. Учреждение образования «Республиканский институт высшей школы», введен в действие постановлением Мин.обр.РБ от 02.05.2008г. №40.— 2008.— 34с. (разработчики Шило И.Н., Мисун Л.В., Кузьмицкий А.В., Радишевский Г.А., Солонский М.А., Балакин М.А., Попов В.Б.)

4. Высшее образование. Первая ступень. Специальность — 1-54 01 01 Метрология, стандартизация и сертификация (по направлениям) / Образовательный стандарт Республики Беларусь. ОСРБ 1-54 01 01-06 — 2008 Минск, Министерство образования Республики Беларусь, Гос. Учреждение образования «Республиканский институт высшей школы», 2008 . — 32с. (разработчики Шило И.Н., Ловкис В.Б., Степанцов В.П., Кузьмицкий А.В.).

УДК 678. 027.3: 678. 046

ЗАЩИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СЕЛЬСКОХО- ЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

*Струк В.А., Андрикевич В.В., Авдейчик С.В.,
Антонов А.С., Рыскулов А.А., Овчинников Е.В. (ГТАУ)*

Проведен анализ структуры и триботехнических характеристик защитных покрытий из ультрадисперсного политетрафторэтилена (УПТФЭ), полученного по технологии термогазодинамического синтеза (ТГД).

Введение

Фторсодержащие компоненты (ФК) нашли широкое распространение в машиностроении и химической промышленности при создании покрытий, обеспечивающих защиту деталей машин, механизмов и технологического оборудования, в т. ч. в узлах трения, от разрушения под действием различных эксплуатационных факторов — коррозионных сред, температурных, сдвиговых напряжений и др. [1-3]. Сочетание служебных характеристик фторкомпонентов различного состава, строения и молекулярной массы — термостойкости, химстойкости, низкого коэффициента трения обуславливают заданный технический ресурс изделий с защитными покрытиями.

Наиболее широкое применение в машиностроении получили защитные покрытия из политетрафторэтилена [1-3], фторсодержащих олигомеров «Эпилам» и «Фолеокс» [4, 5]. Разработаны различные технологии нанесения защитных покрытий на рабочие поверхности деталей, основанные на использовании растворов, суспензий [1, 2], радикальных продуктов [6], порошков фторкомпонентов [1, 2]. Технологический режим формирования оказывает определяющее влияние на геометрические параметры, адгезионные, триботехнические, теплофизические и антикоррозионные характеристики защитных покрытий, которые в значительной степени зависят от молекулярной массы фторкомпонентов и фазовой структуры.

Цель настоящей работы состояла в установлении особенностей реализации защитных функций покрытий, сформированных на твердых подложках из фторкомпонентов различной молекулярной массы по растворяющей и ротапиринтной технологиям.

Материалы и методика исследований

В качестве объектов исследований были выбраны фторсодержащие материалы различной молекулярной массы, технологии синтеза и состава — продукты термогазодинамического синтеза (ТГД-синтеза), называемые ультрадисперсным политетрафторэтиленом (УПТФЭ). Промышленно выпускаемый продукт ТГД-синтеза — УПТФЭ представляет собой порошкообразную дисперсию с размером частиц не более 1 мкм. Покрытие из частиц УПТФЭ формировали механическим натиранием — ротапиринтным способом.

Для проведения сравнительных испытаний применяли фторсодержащие олигомеры, выпускаемые промышленно под торговыми марками «Фолеокс», «Эпилам» в виде 1-2 мас.% растворов в хладоне и фреоне.

В качестве подложек для нанесения защитных покрытий из фторсодержащих компонентов использовали металлические (ст45, ст08кп, медь М-1, алюминий А01, латунь Л62), полимерные (полиамиды: ПА6, ПА 11, композиции на их основе – Гроднамид и др.) и стеклянные (натриевое стекло) пластины, толщиной до 2 мм в состоянии промышленной поставки. Анализ состава сформированных на твердых подложках защитных покрытий осуществляли методом ИК-спектроскопии с использованием спектрометра «Bruker».

Анализ топографии поверхностного слоя покрытий осуществляли методом атомной силовой микроскопии на приборе NT-206 с применением методов компьютерной визуализации и обработки изображения.

Параметры энергетических характеристик фторпокрытий на твердых подложках оценивали по величине краевого угла смачивания различными жидкостями при помощи микроскопа с угломерной насадкой. Вычисление значений поверхностной энергии и ее составляющих осуществляли по выражению [4]:

$$1 + \cos \Theta \approx \left[\frac{(\gamma_s^d)^{1/2} (\gamma_1^d)^{1/2}}{\gamma_1} + \frac{(\gamma_s^h)^{1/2} (\gamma_1^h)^{1/2}}{\gamma_1} \right],$$

где γ_1 и γ_1^d, γ_1^h - поверхностное натяжение жидкости и его дисперсионная и полярная составляющие, γ_s^d, γ_s^h - дисперсионная и полярная составляющая поверхностной энергии твердой подложки.

Защитные характеристики фторсодержащих покрытий определяли по показателям коррозионной стойкости в парах водного раствора NaCl при 70 °С и триботехническим характеристикам, определенным по схемам «вал – частичный вкладыш», «палец – диск» на машинах трения УМТ и ПД-1А.

Результаты и обсуждение

Защитные покрытия, сформированные из фторсодержащих компонентов УПТФЭ, Ф1 (Ф14) и 6СФК-180-05 по различным технологиям, различаются по фазовому составу, структуре и топографии поверхностного слоя (рис.). Покрытия из фторсодержащих олигомеров представляют собой тонкие пленки с характерной топографией.

При использовании подложки в состоянии промышленной поставки топография покрытия в значительной мере повторяет топографию твердой поверхности. Термическая обработка сформированных олигомерных покрытий приводит к образованию в его объеме упорядоченных надмолекулярных структур, которые выполняют функцию армирующих компонентов. Структура олигомерной пленки и ее дефектность в значительной мере определяются составом твердой подложки и параметрами ее шероховатости. Наличие в составе молекулы олигомеров полярной кислотной группы -COOH способствует увеличению энергии адгезионного взаимодействия на границе раздела «покрытие – подложка» и повышению защитных характеристик растворного покрытия.

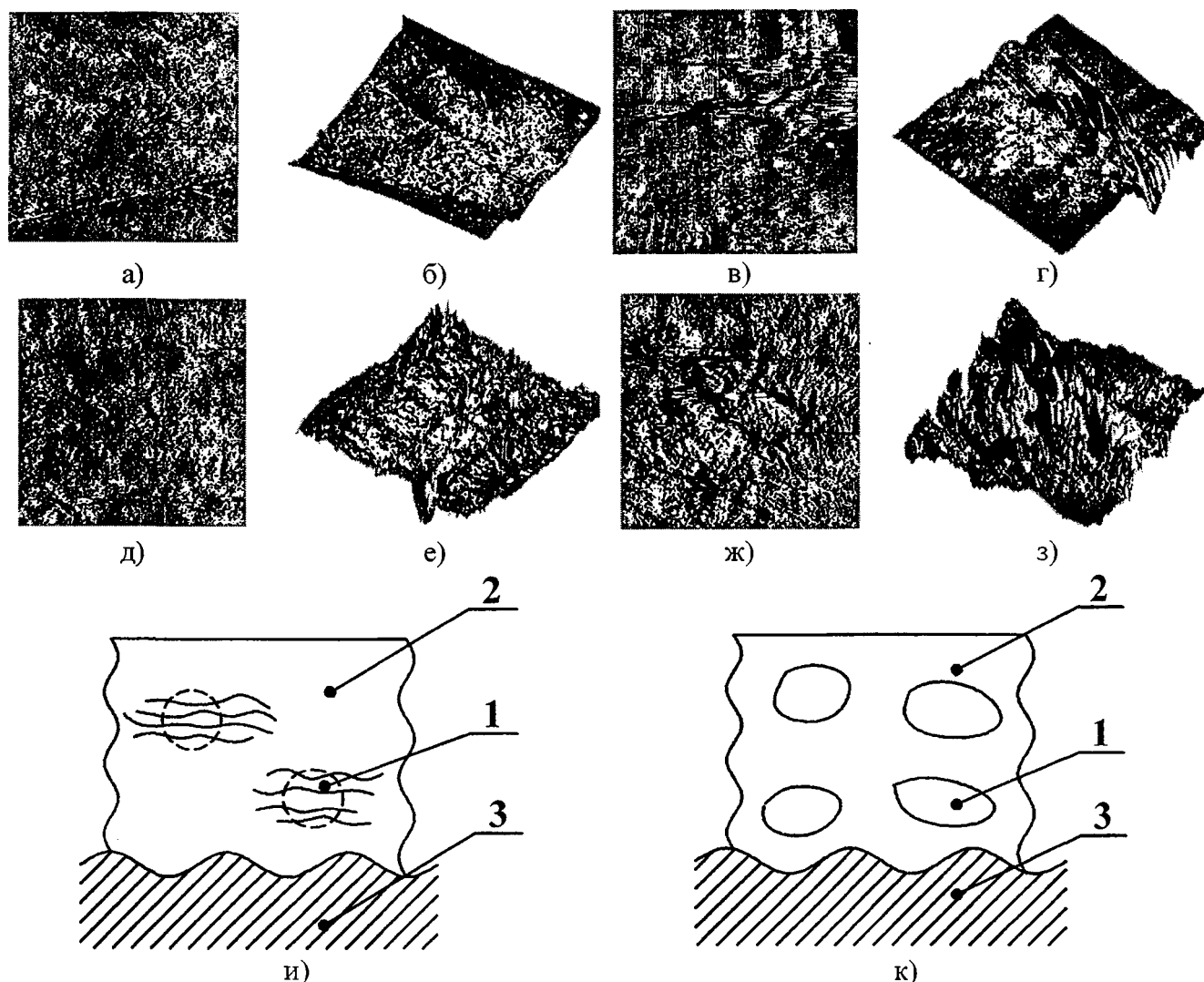


Рисунок 1. Характерная топография (а, в, д, ж), трехмерное изображение (б, г, е, з) и принципиальная фазовая структура (и, к) покрытий на стали 45, сформированных из раствора олигомера Ф-1 (а, б, д, е, и), частиц УПТФЭ (в, г, ж, з, к), исходных (а, б, в, г) и термообработанных при 150°C (д, е, ж, з): 1 – армирующий наноразмерный полимерный компонент или надмолекулярный агрегат; 2 – олигомерная матрица; 3 – подложка

Характерное химическое строение макромолекулы олигомеров Ф1 (Ф14), 6СФК-180-05 обуславливает изменение параметров поверхностной энергии твердых подложек. Независимо от состава подложки при нанесении покрытий из растворов фторсодержащих олигомеров наблюдается увеличение значения краевого угла смачивания водой и глицерином, что свидетельствует об общности механизма защитного действия.

Защитные покрытия, сформированные из частиц УПТФЭ натираем, имеют характерную топографию и фазовый состав, которые отличают их от покрытий, полученных по растворным технологиям (рис.).

Ротапринтные покрытия из частиц УПТФЭ по энергетическим характеристикам не уступают растворным покрытиям из олигомеров при более высоких значениях краевого угла смачивания.

Полимерная фракция в объеме покрытия из УПТФЭ распределена достаточно равномерно, о чем свидетельствуют результаты АСМ-анализа после термообработки образцов при 150 °С в течение 20 мин. (рис., з).

Эффективность защитного действия покрытий из УПТФЭ в коррозионно-активной среде при 70 °С не уступает действию растворных олигомерных покрытий, что свидетельствует о различной степени их дефектности при близких энергетических параметрах.

Таким образом, независимо от состава, структуры и технологии формирования защитные покрытия из фторсодержащих олигомеров и продуктов ТГД-синтеза являются композиционными по фазовой структуре и обеспечивают снижение интенсивности изнашивания статических и динамических систем под действием эксплуатационных факторов [7, 8].

Заключение

Покрытия на твердых подложках различного состава и строения, сформированные по растворной и ротапринтной технологиям из фторсодержащих олигомеров и полимер-олигомерных продуктов термогазодинамического синтеза, обладают нанокпозиционной фазовой структурой, обеспечивающей эффективную защиту статических и динамических систем в условиях воздействия коррозионных и коррозионо-механических факторов. Сочетание в покрытии олигомерной матрицы и наноразмерных армирующих агрегатов аналогичного молекулярного строения в виде надмолекулярных агрегатов и наноразмерных полимерных частиц обуславливает синергический эффект повышения адгезионных, триботехнических и антикоррозионных характеристик.

Литература

1. Сиренко, Г.А. Антифрикционные карбопластики. – К.: Техніка, 1985. – 195 с.
2. Новое в технологии соединения фтора. / Под редакцией Н. Исикава. – М.: Мир, 1984.-с. 378.
3. Охлопова А.А. Физико-химические принципы создания триботехнических материалов на основе полимеров и ультрадисперсных керамик: Дисс. ... докт. техн. наук. – Якутск. – 2000. – 269 с.
4. Напреев И.С. Исследования трибологических свойств металлических и металлополимерных сопряжений, имеющих эпиламированные рабочие поверхности // Физика конденсированных сред: Тез. докл. конф. – Гродно, 1997. - с. 112.
5. Овчинников, Е.В. Тонкие пленки фторсодержащих олигомеров / Е.В. Овчинников, В.А. Струк, В.А. Губанов. - Гродно: ГГАУ, 2007. - 326 с.
6. Нанокпозиционные машиностроительные материалы: опыт разработки и применения / С.В. Авдейчик [и др.]; под ред. В.А. Струка. – Гродно: ГрГУ, 2006. – 403 с.
7. Металлополимерные наноккомпозиты (получение, свойства, применение). / В.М. Бузник, В.М. Фомин, А.П. Алхимов и др. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 260 с.
8. Цветников, А.К. Олигомер-полимерные композиции на основе фторсодержащих материалов / Струк В.А., Овчинников Е.В., Антонов А.С., Костюкович Г.А. Материалы восьмой ежегодной международной промышленной конференции 11-15 февраля 2008г., п. Славское, Карпаты – с.26-33.