

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНО МОДИФИЦИРОВАННЫХ РЕЗИН*А. В. РОГАЧЕВ, М. А. ЯРМОЛЕНКО**Белорусский государственный университет транспорта**А. В. СНИТКО**Белорусская железная дорога*

При реализации методов поверхностного модифицирования резинотехнических изделий удается значительно снизить поверхностную энергию резины, улучшить ее защитные свойства и получить триботехнические сопряжения, характеризующиеся при определенных режимах эксплуатации минимальными значениями износа и коэффициента трения.

Целью данной работы является исследование влияния модифицирования бутадиен-нитрильных резин комбинированными полимерными покрытиями на основе полиуретана (ПУ) и политетрафторэтилена (ПТФЭ) на их триботехнические свойства, определение эффективности воздействия предварительной активационной обработки поверхности, установление влияния на нее предварительной одноосной деформации резины.

Модифицирование проводилось путем нанесения покрытий методом осаждения из активной газовой фазы, получаемой электронно-лучевым диспергированием исходной смеси полимеров в вакууме. Толщина покрытия определялась при помощи кварцевого измерителя толщины и составляла 0,5 мкм.

Предварительная активационная обработка поверхности резины перед нанесением покрытия осуществлялась в плазме низкочастотного тлеющего разряда (в течение 120 с) ионами остаточного воздуха при токе 10 мА и напряжении 1500 В.

Истирание резины производилось при возвратно-поступательном движении по схеме шарик-плоскость на микротрибометре ММТ, при следующих режимах: нагрузка $N = 0,20$ Н (контактное давление по Герцу $P_{\max} = 2,538 \cdot 10^6$ Н/м²); средняя скорость скольжения $V_c = 4,4 \cdot 10^{-4}$ м/с; длина дорожки трения – 8 мм; индентор – стальной шарик диаметром 4 мм.

Показано, что при модифицировании резин различными методами наблюдается весьма значительное (почти в 6 раз) снижение коэффициента трения. Коэффициент трения исходной резины составлял $f_{\text{тр}} = 1,3$. Наименьшее значение коэффициента трения ($f_{\text{тр}} = 0,19 \dots 0,2$) достигалось при одновременном диспергировании смеси полимеров ПУ и ПТФЭ в массовом соотношении 2:1. Определено влияние каждого из компонентов бинарного покрытия на коэффициент трения. Проведен сравнительный анализ триботехнических свойств резин, модифицированных полимерными покрытиями, получаемыми одновременным диспергированием исходной смеси и послойным нанесением отдельных ее компонентов.

Показано влияние предварительной активационной обработки резин на структурную неоднородность получаемых бинарных покрытий.

Установлено появление анизотропии триботехнических свойств для предварительно деформированных и модифицированных в активной газовой фазе резин, заключающееся в значительном отличии значений коэффициента трения при перемещении индентора в направлении деформирования и нормально к нему.

УДК 621.002

**УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ
МЕТОДАМИ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*А. В. РОГАЧЕВ, С. С. СИДОРСКИЙ**Белорусский государственный университет транспорта*

В последние годы значительно возрос интерес к разработке новых методов обработки машиностроительных изделий, в том числе и методов осаждения функциональных покрытий, приводящих

к изменению структуры и состава поверхностных слоев и, в конечном счете, к повышению долговечности и надежности машин в целом. В числе таких наиболее эффективных энерго- и ресурсосберегающих технологий, существенно повышающих служебные свойства изделия, следует отметить вакуумную металлизацию, плазмохимическую обработку, обработку в электрических разрядах, нанесение различных органических покрытий. В результате их применения возможно решение ряда важнейших проблем, в числе которых создание износостойких элементов узлов трения, работающих в условиях абразивного изнашивания, действия высоких температур, разработка экологически чистых процессов поверхностной обработки, приводящей к резкому возрастанию прочности адгезионных соединений, механических свойств композиционных материалов при применении обработанных веществ в качестве наполнителей. Основные тенденции развития данных методов характеризуются расширением номенклатуры используемых материалов, оптимизацией условий и режимов их реализации, созданием «адресных» технологических процессов, направленных на решение строго определенных технических проблем. Их дальнейшее развитие, совершенствование требуют систематического изучения особенностей протекания основных стадий процесса, изучения влияния технологических условий и режимов их реализации на структуру и свойства осаждаемых слоев.

На основании анализа закономерностей процессов, протекающих при осаждении полимерных и металлических покрытий методами ионной и электронной технологии, результатов, полученных при исследовании свойств покрытий и влияния на них технологических режимов и условий, определены следующие основные направления совершенствования технологических решений:

1 Разработка оборудования и технологии формирования многослойных покрытий на основе нитридов металла, алмазоподобных слоев, пластичных металлов и полимеров. При этом каждый элемент конструкции оптимизируется по критериям минимальных значений коэффициента трения, износостойкости, внутренних механических напряжений, максимальной долговечности и прочности соединения слоев. Важным элементом работ, проводимых в данном направлении, является моделирование протекающих при формировании и эксплуатации процессов, расчет напряженно-деформационного состояния многослойных систем при различных режимах и условиях внешнего воздействия.

Разработана технология восстановления и модификации рабочих поверхностей топливной аппаратуры двигателей путем нанесения многослойных систем на основе нитрида титана, меди, фторполимера. Твердые износостойкие покрытия из нитрида титана и твердосмазочные покрытия на основе меди формируются методом конденсации при ионной бомбардировке, а антифрикционные слои из политетрафторэтилена – методом электронно-лучевого диспергирования исходного материала. Комплексные триботехнические исследования таких многослойных систем толщиной до 5 мкм, сформированных в оптимальных технологических условиях, показали, что они обладают низким коэффициентом трения по стали ШХ 15, высокой износостойкостью, долговечностью. Несмотря на то, что твердость покрытий из нитрида титана превышает твердость контртела более чем в 3 раза, его износ в таких системах снижается в 10,3 раза.

2 Развитие новых методов плазмохимической обработки материалов, приводящих к формированию на поверхности тонких функциональных слоев различной природы, в том числе и полимерных. Особый интерес представляют методы обработки в активной газовой фазе, образованной ионным или электронно-лучевым диспергированием исходного полимера в вакууме. Данные методы достаточно эффективны при проведении обработки резинотехнических изделий в среде полимеризующихся газов. После такой обработки на поверхности формируется тонкая (до 5 мкм) износостойкая композиционная пленка, обеспечивающая снижение в 1,5 – 2 раза коэффициента трения и в 2 – 5 раз набухание в среде топлив и масел. При оптимальных режимах модификации долговечность резиновых уплотнений возрастает в 2 – 5 раз.

3 Разработка эффективных приемов легирования покрытий на стадии их осаждения и определение оптимального способа и режима последующей обработки тонкопленочных систем с целью повышения их свойств.

Реализация данного направления исследований в значительной степени расширяет возможности вакуумно-плазменных технологий при решении задач повышения эксплуатационных свойств машиностроительных деталей.