

УДК 678.074
МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЗИНЫ ПОКРЫТИЯМИ
НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА

А. Н. ПОПОВ, В. П. КАЗАЧЕНКО, А. А. НОВИКОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Большой интерес резинотехнические изделия (РТИ) представляют при их использовании в качестве уплотнений. В настоящее время одной из основных проблем в развитии уплотнительной техники является повышение ресурса работы уплотнений и улучшение эксплуатационных характеристик. С развитием новых технологий в машиностроении, в электронной промышленности, в вакуумной технике, появилась возможность решения этой проблемы путем применения различных вариантов модифицирования резинотехнических изделий.

Технологии нанесения тонкопленочных покрытий, известные и описанные достаточно давно, в настоящее время быстро развиваются.

Для получения алмазоподобных покрытий (АПП) триботехнического назначения, использовалась серийная вакуумная установка вакуумного напыления УРМЗ.279.070.

Испытания исходных и модифицированных резин на износостойкость проводились на машине трения СМЦ-1 с использованием специально сконструированного для данных целей приспособления. Образцы истирались на различных режимах скоростей и нагружения. Для проведения статических механических испытаний использовали машину Instron 5567, позволяющую варьировать скорость нагружения и величину прикладываемой нагрузки в широком диапазоне.

Исследования методом динамического индентирования вязкоупругих свойств образцов показали, что модифицирование эластомеров АПП легированных азотом (АПП+N₂) покрытиями приводит к повышению упругих характеристик и снижению энергии вязкого деформирования. С ростом толщины покрытия наблюдается рост твердости по Шору, увеличение динамического модуля упругости. Подобные изменения вязкоупругих характеристик маслобензостойкой (МБС) резины объясняются свойствами и структурой формируемого АПП+N₂ покрытия.

Триботехнические испытания показали, что коэффициент трения исходной резины в начальный момент достигает величины 4,5. С повышением температуры до 65 °С происходит подплавление тончайшего поверхностного слоя исследуемого образца, что приводит к некоторому снижению коэффициента трения ($f = 3,5$). После 15 минут испытания наблюдается повышение температуры до 85 °С, что приводит к потере несущей способности образца и катастрофическому износу.

Установлено, что модифицирующие азотосодержащие алмазоподобные покрытия, начиная с толщины 45 нм, обеспечивают работоспособность образцов в течение 60 минут испытания, причем без разрушения упрочняющей пленки. Температура в зоне трения модифицированных эластомеров не превышала 40 °С, коэффициент трения – 1,95, а потери массы образцов практически отсутствовали. Такое улучшение триботехнических характеристик объясняется сохранением сплошности покрытия в процессе трения и образованием промежуточного твердосмазочного слоя, способствующего снижению коэффициента трения и интенсивности изнашивания образцов.

Наилучший коэффициент трения ($f = 1,6$) и минимальную температуру в зоне контакта, а также минимальные потери массы образца и контртела обеспечивает покрытие толщиной 90 нм, что, вероятно, объясняется наиболее оптимальным соотношением «толщина – адгезионная прочность».

Эксперименты по определению параметров трения в условиях малоамплитудного скольжения показали, что для всех образцов, модифицированных антифрикционными покрытиями, наблюдается снижение силы трения скольжения (в 2,5 раза) и величины предварительного смещения. Даже тонкое АПП+N₂ покрытие толщиной приблизительно 10 нм обеспечивает высокие антиадгезионные свойства к контртелам и низкие значения силы трения скольжения. Кроме того, модифицирующие покрытия снижают коэффициент трения страгивания (максимальную силу трения покоя), что приводит к снижению величины адгезионной составляющей силы трения скольжения.

Исследования структуры покрытий после триботехнических испытаний показали, что вдоль дорожки трения на поверхности образца происходит образование сетки трещин. Однако фрагменты покрытия удерживаются на поверхности, обеспечивая низкий коэффициент трения и низкую температуру в зоне контакта.

Таким образом, обобщая полученные результаты, можно сделать вывод о том, что повышение износостойкости модифицированных образцов обусловлено изменением механизма разрушения поверхности в процессе трения от разрушения путем «скатывания» в сторону менее интенсивного усталостного износа, характерного для материалов с низким коэффициентом трения.

Кроме того, в работе установлено корреляционное соотношение между модулями упругости, определяемыми методами динамического индентирования и стандартизированным методом. Данное соотношение может быть использовано для неразрушающего контроля вязкоупругих полимеров.