

С.В. ПЕТРОВ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Гомель, Беларусь

Повышение долговечности резиновых уплотнений является актуальным направлением машиностроения, так как одним из распространенных причин ремонта является выход из строя герметизирующих уплотнений. Замена резинотехнических изделий (РТИ), обусловленная их преждевременным разрушением, увеличивает стоимость эксплуатации технических устройств, приводит к незапланированному простоем оборудования, существенным экономическим потерям. Нарушение герметичности уплотнительного узла вызывает утечки агрессивных жидкостей, нефти и нефтепродуктов, загрязнение природы, ухудшение экологической обстановки.

Одно из применяемых технологических направлений повышения ресурса РТИ заключается в целенаправленном изменении структуры и свойств поверхностных слоев. К числу наиболее перспективных методов этого направления следует отнести плазмохимические технологии, позволяющие формировать на поверхности РТИ тонкие полимерные покрытия, контролируя при этом порядок нанесения слоев и их состав. Данные покрытия практически не оказывают влияния на геометрические размеры узлов трения и позволяют существенно повысить служебные параметры резин. Однако процессы, протекающие при трении, физико-механические свойства поверхностно-модифицированных резин изучены недостаточно.

В данной работе исследовались алмазоподобные покрытия, образованные на готовых резинотехнических изделиях с целью улучшения их эксплуатационных характеристик. Для их получения использовалась серийная установка вакуумного напыления УВНИПА-1-001 (УРМЗ.279.070). Нанесение покрытий осуществлялось с помощью источника плазмы импульсного катодно-дугового разряда с центральным электродом  $\varnothing 29$  мм из графита марки МПГ-6 (99,999 %) с плотностью  $1,8 \text{ г/см}^3$ , испаряющегося в процессе сильноточного дугового импульсного разряда. Углеродные покрытия наносились при напряжении разряда 250–300 В и частоте импульсов от 1 до 35 Гц. На поверхность резиновых уплотнений из маслбензостойкой резины 3826 на основе бутадиен-нитрильного каучука наносились покрытия: углеродное (алмазоподобное) покрытие (АПП), углеродное покрытие легированное азотом (АПП+N), углеродное покрытие легированное медью (АПП+Cu). Толщина покрытий составляла 0,132 мкм.

Для исследования триботехнических характеристик модифицированных резин по схеме торцевого трения была спроектирована установка на

основании машины трения СМТ-1. В процессе испытаний с ее помощью определялись коэффициент (момент) трения и температура резинового уплотнения. Давление в зоне трения составляло 0,1 МПа.

По результатам испытаний наименьший коэффициент трения показало покрытие АПП – 0,7. У покрытий АПП+N и АПП+Cu коэффициент трения составил 1 и 3,3 соответственно, у исходной резины – 5,7. Данные температуры коррелируют со значением коэффициента трения: АПП – 36 С<sup>i</sup>, АПП+N – 40 С<sup>i</sup>, АПП+Cu – 49 С<sup>i</sup>, исходная резина – 101 С<sup>i</sup>. Ресурсные испытания модифицированных резиновых уплотнений показали, что стойкость модифицированных резин в несколько раз превысила стойкость исходной резины.

После проведения триботехнических испытаний были изучены поверхности как исходных, так и модифицированных резиновых уплотнений. Снимки показали, что основным механизмом разрушения поверхности исходной резины в процессе трения является износ посредством «скатывания». Для АПП и АПП+Cu характерны трещины и вырывы материала, однако для последнего заметны следы переноса материала. На покрытии АПП+N присутствуют только мелкие трещины, что можно объяснить тем, что азот придает покрытию высокую эластичность.

Низкий коэффициент трения у модифицированных резин можно объяснить следующим образом. В процессе трения модифицированной резины с алмазоподобным покрытием на поверхности трения происходит его локальный разогрев в пятнах контакта, что приводит к графитизации покрытия и образования на поверхности трения графита, который является хорошей твердой смазкой. Графит остается не только на резине, но и переносится на индентор, о чем свидетельствуют изменения цвета его поверхности после работы с модифицированными резинами в отличие от индентора работающего с исходными резинами. Присутствие меди в АПП предположительно приводит к увеличению адгезионной составляющей силы трения, вследствие чего увеличивается коэффициент трения по сравнению с АПП.

Таким образом, нанесение алмазоподобных покрытий на поверхность резиновых уплотнений может значительно повысить их стойкость и долговечность.

