

С. В. ПЕТРОВ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТРАНСПОРТА»

Гомель, Беларусь

Особенностью развития современного машиностроения является использование различных технологических методов, обеспечивающих надежную работу узлов трения, в том числе резинометаллических, эксплуатирующихся, как правило, в сложных условиях. Одним из технических решений, позволяющим повысить работоспособность резиновых уплотнений, является модифицирование поверхности готового резинотехнического изделия различными методами, в частности нанесением алмазоподобных покрытий (АПП) на резиновые уплотнения.

Нанесение АПП на резиновые образцы на основе бутадиен-нитрильного каучука осуществлялось с помощью источника плазмы импульсного катодно-дугового разряда с центральным электродом из графита, являющимся катодом, который испарялся в процессе сильноточного дугового импульсного разряда по следующим режимам: количество импульсов  $N = 7500$ ; время нанесения  $t = 25$  мин; частота 5 Гц; давление  $P = 0,059$  Па.

Исходные и модифицированные образцы испытывались без смазочного материала по схеме торцевого трения. Для этого использовалась машина трения 2070 СМТ-1 с приспособлением для торцевого трения. Режимы испытаний: скорость  $v = 0,25$  м/с; давление в зоне контакта  $P = 0,03$  МПа, время испытаний  $t_{\text{исп}} = 90$  мин. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты испытаний резинотехнических изделий

Образец	Коэффициент трения $f$	Температура в зоне трения $T$ °С	Интенсивность износа контртела, г/мин	Интенсивность износа образца, г/мин
Исходный	4,13	49-81	$1,29 \times 10^{-4}$	$0,67 \times 10^{-4}$
Покрытие АПП	0,3	21-30	$0,0778 \times 10^{-4}$	$0,0389 \times 10^{-4}$

Результаты испытаний показали, что нанесение АПП приводит к заметному уменьшению: коэффициента трения (в 12 раз), интенсивности изнашивания резинового образца (в 17 раз), интенсивности изнашивания контртела (в 16,5 раз), температуры в зоне трения (в 2,7 раз). При этом у модифицированных резин коэффициент трения долгое время остается

постоянным, сохраняет свое предельно низкое значение. Изучение дорожек трения на резиновых образцах и на поверхности стального контртела показал, что нанесение на поверхность резинового образца АПП изменяет механизм изнашивания резинотехнических изделий. Износ исходных резин происходит по усталостному механизму изнашивания. На поверхности таких образцов наблюдаются скатки и вырывы. Установлено, что изнашивание РТИ с твердым алмазоподобным покрытием на поверхности происходит по адгезионному механизму.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что механизм снижения коэффициента трения у модифицированных резин при трении без смазки может быть объяснен тем, что в процессе испытаний возможна частичная графитизация монокристаллического углерода. Этот процесс связан с тем, что азот присутствует на поверхности углеродного покрытия, главным образом, в виде групп типа C-N-OH, что может способствовать трибопревращениям  $sp^1$  – связей, характерных для линейно-цепочечного углерода, в  $sp^2$  – связи, характерные для графита. Указанные превращения могут вызывать снижение трения за счет характерного для графита эффекта самосмазывания. Твердый слой алмазоподобного покрытия в процессе трения долго не разрушается, графитизация происходит непрерывно на поверхности покрытия. Испытания резин с нанесенным на поверхность графитом таких результатов не показали.

После периода приработки, на стадии стационарного трения, коэффициент трения  $f = 0,3$  и интенсивность изнашивания РТИ оставались стабильно низкими. Это можно объяснить регулярным микропревращением алмазоподобного углерода в графитоподобный, о чем свидетельствует незначительная установившаяся температура в зоне трения  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В большинстве случаев триботехнические свойства АПП обеспечивались слоями переноса, образующимися в процессе трения. Слои переноса оказывали смазывающее действие и их образование можно увеличить в присутствии водорода или уменьшить в присутствии воды или кислорода.