

Влияние добавления наноалмазов в матрицу ЭПХГ каучука на морфологию поверхности

О.О. Щербакова¹, Т.И. Муравьева¹, П.О. Буковский¹

¹ Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, пр-т Вернадского, д. 101, корп. 1

Эксплуатация техники в климатических условиях Крайнего Севера сопряжена с воздействием экстремально низких температур и критическими режимами нагружения. Поскольку выход из строя оборудования нередко обусловлен деструкцией или утратой функциональности резинотехнических элементов (например, уплотнительного назначения), к материалам для их изготовления предъявляется комплекс жестких требований. Эпихлоргидриновые каучуки (ЭПХГ) являются наиболее перспективными материалами для работы в таких условиях [1]. Повышение комплекса эксплуатационных характеристик эластомеров может быть достигнуто путем их модификации различными наполнителями [2]. В настоящее время, в качестве таких модификаторов, все чаще применяют наноалмазы (НА).

Целью работы являлось изучение влияния добавления наноалмазов на трибологические свойства и морфологию поверхности морозостойких резин на основе эпихлоргидринового каучука.

Объектами исследования являлись пять групп образцов из ЭПХГ каучука: №1 – немодифицированной; №2 – с добавлением 1 масс. ч., №3 – 3 масс. ч., №4 – с добавлением 5 масс. ч., №5 – с добавлением 10 масс. ч. наноалмазов.

Трибологические исследования проводили на трибометре Rtec по схеме кольцо–диск.

Топография поверхности образцов эластомеров на основе ЭПХГ была исследована с применением 3D бесконтактного профилометра S Neox.

Изучение морфологии поверхности образцов до и после трибологических испытаний проводили на сканирующем электронном микроскопе FEI QUANTA 650. Использовали ускоряющее напряжение 25 кВ, режимы детектирования как вторичных, так и обратно отраженных электронов. Работы проводили в режиме низкого вакуума.

Исследования показали, что концентрация модификатора в составе образцов ЭПХГ каучуков влияет на параметры их шероховатости. Образцы с добавлением 10 масс. ч. наноалмазов имеют самые низкие значения S_a и S_z .

Для всех образцов были изучены их трибологические характеристики при двух различных температурах. Было установлено, что температуре 22°C коэффициент трения увеличивается с ростом скорости скольжения, причем в диапазоне скоростей скольжения 10...100 мм/с наблюдается увеличение коэффициента трения с повышением концентрации НА в исследуемых образцах. При понижении температуры резины до –25°C увеличение коэффициента трения с ростом концентрации НА распространяется на больший диапазон скоростей, но оно менее значительно. Причем коэффициент трения плавно повышается до своего максимума, после которого происходит плавное понижение коэффициента трения.

Особенностью результатов испытаний на износ являлась немонотонная зависимость износостойкости от концентрации НА: при малых концентрациях износ больше, чем у немодифицированной резины, при концентрациях 3, 5 массовых частей модификатора – меньше, для материала с 10 частями износ минимален для рассматриваемого типа фрикционного контакта.

На рис. 1, в качестве примера, приведены СЭМ-изображения образцов с минимальной и максимальной концентрацией наноалмазов после испытаний.

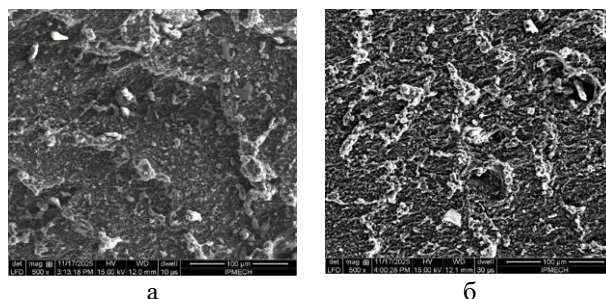


Рис. 1. СЭМ-изображение немодифицированного образца из ЭПХГ каучука (слева) и с добавлением 10 масс. ч. наноалмазов (справа) после трибологических испытаний.

Анализ СЭМ изображений образцов до испытаний показал, что максимальная концентрация НА дает наиболее мелкуючистую структуру поверхности, а минимальная – ухудшает регулярность структуры поверхности по сравнению с исходным материалом. Эта же тенденция сохраняется и для изношенной поверхности, определяя средние размеры частиц износа для каждого из образцов.

Проведенные исследования показали, что модификация наноалмазами резин на основе ЭПХГ каучука приводит к повышению коэффициента трения в условиях конформного контакта с гладким стальным контртелом. Износостойкость немонотонно зависит от концентрации модификатора: при малых концентрациях она меньше, чем у немодифицированной резины, при концентрациях 3, 5 массовых частей модификатора – больше, для материала с 10 частями износостойкость максимальна для рассматриваемого типа фрикционного контакта. Модифицированная резина такого типа может быть использована в условиях, когда необходимо сочетание высокой износостойкости и морозостойкости.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Грант №23-19-00484П).

1. D. Aksut, A. Babapour, M. Sen. Journal of Rubber Research, (2026), 29, 233–245.
2. J.X. Chan, J.F. Wong, et al. Polymers, (2021), 17 (13), 2867.