

3. Бартецев, Г.М. Трение и износ полимеров / Г.М. Бартецев, В.В. Лавренко. – Л.: Химия, 1972. – 240 с.

4. Айсс, Н.С. Трение и изнашивание полимеров / Н.С. Айсс // Трибология. Исследования и приложения. – М.: Машиностроение, 1993. – С. 176 – 189.

УДК 622.647.2.057-2:539.375.6(476)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ОБЕЧАЙКИ РОЛИКА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА В УСЛОВИЯХ РУП «ПО «БЕЛАРУСЬКАЛІЙ»

Р.В. Ищенко

*ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения
с Опытным производством», Солигорск*

Введение. Самыми массовыми и быстроизнашивающимися элементами подземно-транспортного горного оборудования являются ролики ленточных конвейеров. Низкое сопротивление изнашиванию ролика связано с жесткими условиями их эксплуатации: циклическое воздействие ударных нагрузок, повышенная влажность, воздействие химически активных сред и попадание абразива в зону трения. Применение защитных полимерных покрытий и обрезаживания металлических обечаек оказалось малоэффективным [1, 2]. Поэтому актуальными являются исследования, направленные на замену металлов высоконаполненными полимерными композитами. Известные к настоящему времени исследования влияния режимов нагружения на триботехнические характеристики металлических и композитных обечаек проводились в среде воздуха, не содержащего частиц горной породы [3]. В работе изучалось влияние режимов нагружения ролика ленточного конвейера, эксплуатируемого в условиях калийного производства, на его износостойкость, а также оптимизация состава композитного материала.

Материалы и методы исследований. Образцы для испытаний изготавливались из стали марки 45 и композита, содержащего фенолоформальдегидный олигомер, аппретированное силаном базальтовое волокно, предварительно обработанный ксилолом торф и оксид магния. В состав композита дополнительно вводились антифрикционные добавки. Испытания проводились на машине трения СМТ-1 по схеме вал – вкладыш при трении скольжения и вал – вал при трении качения без смазочного материала.

Результаты исследований и их обсуждение. Экспериментально установлено, что при режимах нагружения, соответствующих нормальным

условиям эксплуатации конвейера ($p = 1 - 5$ МПа и $v = 1,5 - 3$ м/с), интенсивность изнашивания i_h стальной обечайки при качении по резине в воздушной среде соответствует $(0,45 - 0,63) \cdot 10^{-11}$, если коэффициент проскальзывания α близок к нулю (рис. 1, а). Увеличение давления при $p > 5$ МПа вызывает рост фактической площади контакта, молекулярной составляющей трения и интенсивности изнашивания стали. Обечайка подвергается слабо выраженному адгезионному и окислительному изнашиванию, в меньшей степени проявляется усталостное разрушение поверхностного слоя (рис. 2, а). На поверхности трения можно наблюдать редко расположенные единичные трещины.

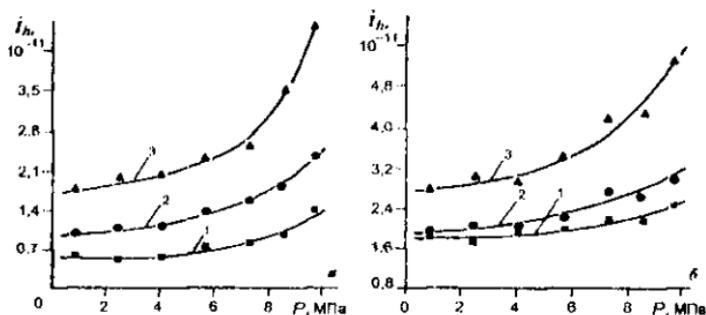


Рис. 1. Влияние нагрузки на линейную интенсивность изнашивания обечайки из стали (1, 2) и композита (3) при качении по резине со скоростью $v = 2$ м/с в воздушной (а) и воздушно-соляной (б) среде: 1 - $\alpha = 0\%$; 2 - $\alpha = 10\%$

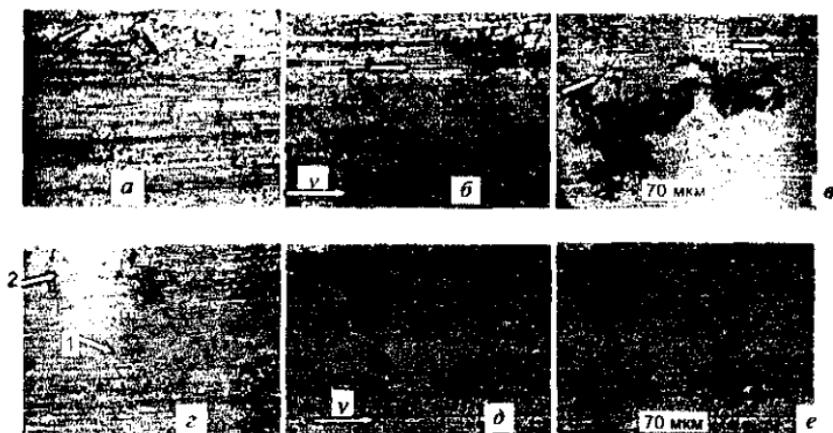


Рис. 2. Поверхность стали (а, б, в) и композита (z, д, е) после изнашивания при качении по резине без проскальзывания (а, z) и с проскальзыванием $\alpha = 10\%$ (б, в, д, е) в воздушной (а, б, z, д) и воздушно-соляной (в, е) средах

Попадание частиц пыли в зону контакта вызывает слабозаметное абразивное изнашивание. Поверхность трения стального ролика становится гладкой, на отдельных участках появляются единичные микротрещины усталости размером до 100 мкм (рис. 2, а, см. в направлении стрелки).

В случае проскальзывания ленты по ролику i_h стали возрастает почти в 2 раза (кривая 2 на рис. 1, а). В основном это связано с увеличением касательных напряжений на контактной площадке и повышением вклада абразивного изнашивания. Так, на поверхности трения стального ролика появляются многочисленные следы усталостного разрушения – участки, содержащие близко расположенные и ориентированные перпендикулярно направлению скольжения трещины (рис. 2, б). Интенсивнее протекает абразивное изнашивание, о чем свидетельствуют более глубокие бороздки, параллельные вектору скорости скольжения.

Закономерности изнашивания композитного материала в воздушной среде несколько отличаются от закономерностей изнашивания стали.

Во-первых, i_h композита в среднем в 1,4 – 3,6 раза выше, чем i_h стали (рис. 1, б). Это связано с более низкими прочностью и модулем упругости композита. Снижение последнего фактора сопровождается ростом амплитудных значений контактных деформаций и потерей по этой причине сопротивления усталостному изнашиванию. Сравнение рис. 2, а и 2, г показывает, что при одинаковых режимах нагружения на поверхности трения композита образуются усталостные трещины значительно больших размеров. По краям трещин имеет место хрупкий скол материала, вследствие чего они увеличиваются по ширине и образуют питтинговые пятна (на рис. 2, г показано стрелкой 2).

Вторая отличительная особенность состоит в том, что для композита характерна менее существенная зависимость i_h от нагрузки (кривые 2 на рис. 1). Так, при изменении p от 1 до 9,5 МПа i_h стали возрастает в 2,9 раза, а композита – в 1,4 раза.

При переходе от воздушной к воздушно-соляной среде интенсивность изнашивания стали возрастает примерно в 3 раза. В данном случае в дополнение к усталостному и абразивному видам изнашивания ролик подвергается быстро протекающему окислительному изнашиванию, которое становится доминирующим. Это подтверждается возникновением на поверхности трения ролика следов коррозионного разрушения (рис. 2, в). Кроме того, указанная среда содержит твердые частицы, повышающие вклад абразивного изнашивания.

В меньшей степени влияние воздушно-соляной среды сказывается на композитном материале – увеличение i_h составляет в среднем 1,6 раза. Очевидно, что этот рост вызван только увеличением вероятности попадания твердых частиц в зону трения. Свободные частицы, попадая в зону трения, закрепляются в поверхностном слое резины и, обладая более высокой твердостью, вызывают абразивное изнашивание полимерного композита. Об этом свидетельствует представленный на рис. 2, e снимок изношенной поверхности композита, содержащей глубокие продольные бороздки и следы усталостного разрушения.

Как следует из приведенных результатов исследований, интенсивность изнашивания композитной обечайки при качении по резине выше, чем стальной, несмотря на то, что она не подвергается коррозионному изнашиванию. Поэтому для повышения износостойкости композита в его состав вводили антифрикционные наполнители. Установлено, что наиболее существенное улучшение триботехнических характеристик достигается при введении в композит около 2,7 масс. % стеарата кальция.

Выводы. При трении качения по резинокансовой транспортирующей ленте стальная обечайка в среде воздуха подвергается абразивному, усталостному и адгезионному изнашиванию, а в воздушно-соляной среде – преимущественно коррозионному и абразивному. Основными видами изнашивания обечайки из композита является абразивное и усталостное, вклад каждого из которых зависит от состава окружающей среды. Стальная обечайка оказывает большее сопротивление изнашиванию, чем композитная. Влияние воздушно-соляной среды и проскальзывания при качении в меньшей степени сказывается на износостойкости композитного материала. Показана возможность повышения износостойкости резины и композита путем введения в состав последнего стеаратов металлов, образующих на поверхностях трения пленку, которая не только снижает коэффициент трения, но и ингибирует процесс старения резины.

Литература

1. Додатко, А.И. Оценка качества роликов ленточных конвейеров и пути его повышения: автореф. дис... канд. техн. наук. / А.И. Додатко; Институт готехн. механики. – Днепрпетровск, 1983. – 23 с.
2. Пенкин, Н.С. Износостойкость гуммированных деталей машин / Н.С. Пенкин, О.Н. Хуцкий, А.А. Соловьев // Трение и износ. – 1998. – Т. 19. – № 6. – С. 799 – 803.
3. Ищенко, Р.В. Особенности износа ленты конвейера в условиях калийного предприятия / Р.В. Ищенко, А.В. Прушак // Горный информ.-аналит. бюл.: Изд-во МГТУ. – 2006. – Вып. 1. – С. 15 – 19.

МОДИФИКАЦИЯ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТИТАНА КОМПРЕССИОННЫМИ ПЛАЗМЕННЫМИ ПОТОКАМИ

В.В. Углов, В.И. Шиманский, Н.Н. Черенда
Белорусский государственный университет, Минск;

В.М. Асташицкий, А.М. Кузьмицкий
ГНУ «Институт физики НАН Беларуси», Минск

Введение. Титан и его сплавы широко применяются в различных отраслях промышленности. Вместе с тем низкие трибологические свойства титана ограничивают его применение в парах трения. Как правило, эта проблема решается либо легированием титана, либо нанесением износостойких покрытий [1, 2]. Ещё одним возможным путем решения этой проблемы является азотирование поверхностного слоя титана [3 - 5]. Перспективными в этом направлении являются методы, связанные с воздействием на поверхность концентрированных потоков энергии. Цель работы – исследование трибологических свойств титана, подвергнутого воздействию компрессионных плазменных потоков (КПП).

Методы исследований. Объектом исследования были образцы титанового сплава ВТ1-0 размером 1x1 см и толщиной 3 мм. Поверхность образцов подвергалась воздействию КПП, генерируемых в газоразрядном магнитоплазменном компрессоре компактной геометрии в атмосфере азота [6]. Длительность разряда составляла примерно 100 мкс, остаточное давление азота – 400 Па. Плотность мощности изменялась в диапазоне от $1,5 \cdot 10^5$ Вт/см² до $3,5 \cdot 10^5$ Вт/см², что достигалось за счет изменения расстояния от поверхности образца до среза катода (от 12 до 6 см). Обработка проводилась 1, 3 и 5 последовательными импульсами с интервалом в 20 с.

Морфология поверхности обработанных образцов исследовалась с помощью растровой электронной микроскопии на микроскопе LEO1455VP. Фазовый состав определялся методом рентгеноструктурного анализа на рентгеновском дифрактометре ДРОН-4 в $\text{Cu K}\alpha$ излучении.

Микротвердость определялась по методике Виккерса на приборе ПМТ-3 в диапазоне нагрузок 0,5 – 2,0 Н. Трибологические испытания проводились на установке ТАУ-1М при возвратно-поступательном движении индентора, изготовленного из твердого сплава ВК8, со скоростью 4 мм/с в условиях сухого трения. Нагрузка на индентор составляла 0,5 Н.

Результаты и обсуждение. Ранее проведенные исследования показали, что при воздействии КПП на поверхность образца происходит плавл-