

1. Силин, В.А. Исследование напорных шнеков торфяных машин / В.А. Силин // Труды Института торфа АН БССР. – Минск. – 1955. – № 4. – С. 24 – 42.
2. Штуков, Н.К. Влияние конструктивных и режимных параметров на осевую скорость транспортируемого материала в вертикальных шнеках / Н.К. Штуков, А.М. Григорьев, М.К. Бардаченко // Горный журнал. – 1968. – № 1. – С. 47 – 60.
3. Григорьев, А.М. О движении материальной точки в наклонном шнеке и обоснование критического радиуса / А.М. Григорьев, Д.А. Шалман // Сб. Вопросы теории винтовых транспортеров. – Киев: Книга, 1968. – С. 43 – 49.

УДК 622.647.2:539.375.6(476)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗНАШИВАНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ В УСЛОВИЯХ РУП «ПО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Р.В. Ищенко

*ЗАО «Салигорский Институт проблем ресурсосбережения
с Опытным производством», Салигорск*

Введение. В РУП «ПО «Беларуськалий» конвейеры эксплуатируются в условиях повышенной влажности, воздействия химически активных солей хлористого натрия и калия, наличия абразивных частиц в горной массе и окружающей среде. Эти факторы ускоряют процессы коррозии металла, изменения свойств материала транспортирующей ленты, приводят к их более интенсивному изнашиванию и разрушению.

Цель работы заключается в том, чтобы оценить влияние содержащихся в окружающей среде солей хлористого натрия и калия на процессы трения и изнашивания конвейерной ленты и на основе полученных результатов предложить методы повышения ее долговечности. Ранее исследования в этом направлении касались разработки материаловедческих, технологических и конструктивных методов повышения долговечности конвейерной ленты [1, 2]. Природа изнашивания металла и резины изучалась в основном при трении в воздушной среде [3, 4].

Материалы и методы исследований. Испытания проводились на машине трения СМТ-1 по схеме вал – вкладыш при трении скольжения и вал – вал при трении качения без смазочного материала. Образцы для испытаний изготавливались из стали марки 45 и композита, содержащего фенолоформальдегидный олигомер, аппретированное силаном базальтовое волокно, предварительно обработанный ксилитом торф и оксид магния. Второй элемент пары трения изготавливался из резины.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что интенсивность изнашивания резиноканевой ленты при качении по ролику из стали в воздушно-соляной среде слабо изменяется с увеличением давления p и скорости v относительного перемещения в интервале эксплуатационных режимов нагружения: $p < 5$ МПа и $v < 2$ м/с (рис. 1, а). В области давлений и скоростей, превышающих нормальные условия эксплуатации конвейера, зависимости $i_h(p, v)$ более существенны. Причина в том, что повышение p и v вызывает рост температуры в зоне трения и всех составляющих трения качения: адгезионной, проскальзывания по Рейнольдсу и гистерезисных потерь.

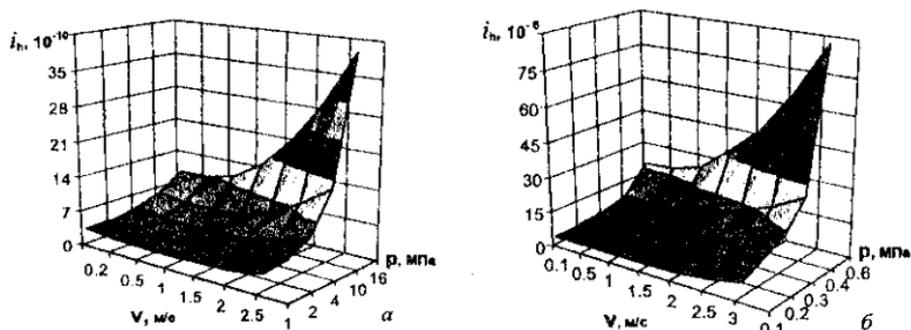


Рис. 1. Влияние давления и скорости на линейную интенсивность изнашивания резины при трении качения (а) и скольжения (б) по ролику из стали в воздушно-соляной среде

Зависимость i_h от скорости v графически изображается кривыми с минимумом, положение которого определяется нагрузкой, и находится в интервале $v = 0,5 - 1,5$ м/с. Она согласуется с зависимостью коэффициента сопротивления качению f_c от скорости перемещения ленты по ролику. Снижение i_h с ростом скорости в области малых ее значений связано с уменьшением числа молекулярных цепей, успевающих вступить в контакт с роликом, уменьшением площади контакта и проскальзывания, что приводит к падению f_c . При более высоких скоростях вступившие в контакт со сталью макромолекулы ведут себя как жесткие образования и более легко разрушаются при приложении сдвигающей нагрузки, обеспечивая тем самым рост интенсивности изнашивания. Анализ показал, что доминирующим видом изнашивания резины в исследуемом диапазоне нагрузок и скоростей является усталостное.

Поскольку при качении ленты по ролику или барабану всегда имеет место проскальзывание и скольжение реализуется в случае бокового схода ленты, заклинивания ролика, а также в контакте с плужковым сбрасывателем и направляющими рештака, были изучены процессы трения и изнаши-

вания резинотканевой ленты при скольжении по стали. Показано, что при трении скольжения по стали интенсивность изнашивания резины почти на два порядка выше, чем при качении (рис. 1, б). Исчезает минимум кривой $i_n(v)$, более существенным становится влияние нагрузки и скорости скольжения в области их больших значений. Причина в том, что при $v > 1,5$ м/с и $p > 0,4$ МПа важную роль в изнашивании начинает играть фрикционный нагрев сопрягаемых тел. Средняя температура в зоне трения возрастает примерно на 100 – 130 °С, и доминирующую роль в трении начинают играть гистерезисные потери, повышаются коэффициент трения, площадь контакта и толщина деформируемого слоя, в котором протекают усталостные процессы.

Исследования процессов, протекающих в зоне фрикционного контакта, показали, что особая роль в изнашивании принадлежит старению (окислению) резины. При длительной эксплуатации в ее поверхностном слое происходит разрыв связей в основном скелете молекул и образование свободных радикалов, способных взаимодействовать с молекулами окружающей среды. Это подтверждается интенсивным поглощением кислорода после истечения времени $t = 6600$ ч. Далее резина окисляется, ее поверхностный слой теряет эластичность и сопротивление усталости. Об этом свидетельствуют результаты изучения кинетики изнашивания резины: после приработки и стабилизации триботехнических характеристик наступит период ее интенсивного изнашивания. Обнаружено, что окисление резины ускоряется при контакте ее со сталью и солями металлов переменной валентности, т.к. ионы металлов ускоряют процесс распада гидроперекисей. Каталитическое действие стали и хлористых солей металлов на процесс окисления подтверждено данными дифференциально-термического анализа: при введении в навеску резины частиц стали, хлористого натрия и калия высота связанного с ее окислением экзотермического пика при температуре 220 °С возрастает на 10 – 15 %. Повышение температуры на пятнах фактического контакта способствует локальному старению резины.

При качении в *воздушно-соляной среде* контакт ленты с роликом из полимерного композита более предпочтителен (рис. 1, а и 2, а), что особенно характерно для высоких нагрузок. Так, при трении по стали i_n резины в 1,6 – 3 раза выше, чем по полимерному композиту. Это связано с низкой адгезией композита к резине и горной породе и снижением адгезионного и абразивного изнашивания. Кроме того, композит не выступает в роли катализатора старения резины.

Зависимость $i_n(v)$ немонотонна, что связано с действием двух конкурирующих факторов. При увеличении v до 1,5 м/с время контакта и «осед-

лой» жизни макромолекул резины на поверхности ролика уменьшаются, снижаются глубина внедрения и растягивающие напряжения на границе выхода неровностей из контакта, которые являются причиной усталостного разрушения поверхностного слоя. При более высоких скоростях i_h возрастает, т.к. доминирующее влияние начинает оказывать фрикционный нагрев поверхностей трущихся тел, снижающий их модуль упругости и повышающий адгезионную составляющую трения и скорость старения резины.

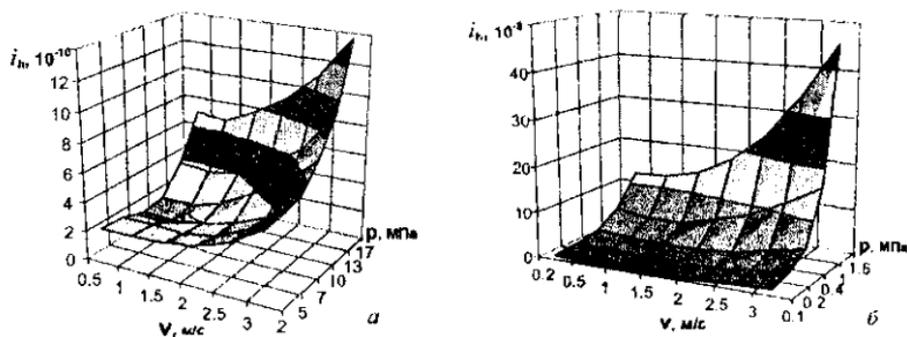


Рис. 2. Влияние давления и скорости на линейную интенсивность изнашивания резины при трении качения (а) и скольжения (б) по ролику из композита в воздушно-соляной среде

При скольжении по ролику из композита сопротивление резины изнашиванию почти в 2 раза выше, чем по стальному ролику (рис. 1, б и 2. б). Такое различие обусловлено низким коэффициентом трения резины по композиту и, как следствие, малыми контактными деформациями рабочего слоя ленты. В отличие от стали полимерный композит обладает низкой адгезионной способностью к частицам NaCl и KCl, что уменьшает абразивное изнашивание ленты и смещение центра масс вращающегося ролика.

Заключение. Выполненные исследования указывают на то, что в ленточных конвейерах, эксплуатирующихся в воздушно-соляной среде подземных выработок, силивинитовых обогатительных фабрик и солеотвалов, более высокая долговечность транспортирующей ленты будет достигнута при замене металлических обечаек роликов на композитные.

Литература

1. Морфологические особенности трибологических покрытий из фторсодержащих олигомеров на резинотехнических изделиях / В.А. Струк [и др.] // Трение и износ. – 1998. – Т. 19, № 5. – С. 665 – 670.
2. Покрытия для узлов трения на основе эластомеров / А.А. Дудка [и др.] // Трение и износ. – 1998. – Т. 19, № 3 – С. 376 – 378.

3. Бартенев, Г.М. Трение и износ полимеров / Г.М. Бартенев, 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 обрезинивания 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