

УДК 678.686:547.722

М. В. Ищенко

Закрытое акционерное общество «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством»,
ул. Козлова, 69, 223710 Солигорск, Республика Беларусь +375 (174) 26 35 32, Ontiipr@tut.by

ИЗНОС КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ В УСЛОВИЯХ АБРАЗИВНОЙ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОЙ СРЕДЫ КАЛИЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Представлены результаты исследований процессов, протекающих в зоне фрикционного взаимодействия конвейерной ленты и роликов, изготовленных из стали и композиционного материала, в условиях соледержащей среды калийного производства. Описываются установленные закономерности влияния нагрузки и скорости перемещения ленты, а также присутствия в зоне фрикционного контакта солей хлористого калия и хлористого натрия на интенсивность изнашивания ленты.

Ключевые слова: конвейерная лента; ролики; трение; интенсивность изнашивания.

Рис. 2. Библиогр.: 5 назв.

M. V. Ishchenko

Closed Joint Stock Company "Soligorsk Institute for Resource-Saving Problems with Pilot Production", 69, Kozlova str.,
223710 Soligorsk, the Republic of Belarus, +375 (174) 26 35 32, Ontiipr@tut.by

THE CONVEYOR BELT WEAR IN AN ABRASIVE AND CHEMICALLY ACTIVE ENVIRONMENT OF THE POTASH PLANT

The article reflects the results of studies of the processes taking place in the area of frictional engagement of the conveyor belt and rollers made of steel and composite material in the conditions of salt medium at potash plants. It describes the impact of the established laws of the load and speed of the belt as well as the presence of potash salts and sodium chloride in the area of frictional contact on the conveyor belt wear.

Key words: conveyor belt; rollers; friction; wear rate.

Fig. 2. Ref.: 5 titles.

Введение. Конвейерная лента является самым быстроизнашивающимся и дорогостоящим элементом конвейера. Основной износ ленты происходит при её взаимодействии с роликами конвейера. Данное обстоятельство делает актуальной задачу повышения износостойкости конвейерной ленты в указанном трибосопряжении. Исследования в данном направлении касались разработки материаловедческих, технологических и конструктивных методов повышения долговечности конвейерной ленты [1]. Природа изнашивания металла и резины изучалась в основном при трении в воздушной среде [2]. В значительно меньшей степени изучен процесс изнашивания резины по полимерному композиту и особенности протекания этого процесса в воздушно-соляной среде, характерной для условий эксплуатации конвейерного транспорта в калийном производстве. Практическая важность таких исследований обусловлена большим количеством и значительной протяжённостью ленточных конвейеров, эксплуатируемых отечественной калийной индустрией, а также высокими материальными затратами, связанными с ремонтом и заменой ленты. Цель исследования заключается в том, чтобы оценить влияние содержащихся в окружающей среде солей хлористого натрия и калия на процессы трения и изнашивания пары «конвейерная лента—обечайка ролика» и на основе полученных результатов предложить методы повышения долговечности ленты.

Материалы и методы исследования. Моделирование условий эксплуатации узла «резинотканевая лента—ролик» осуществлялось на машине трения СМТ-1 по схеме «вал—вал» при трении

качения. Скорость относительного перемещения трущихся тел изменялась в интервале 0,2...3,0 м / с. Номинальное давление в контакте ленты с роликом при нормальных условиях транспортирования горной породы соответствовало 0,1...10,0 МПа. Испытания проводили в воздушной и воздушно-соляной среде, содержащей смесь хлористого натрия и хлористого калия в соотношении 1:1. Ролики изготавливались из стали 45 и композитов на основе фенолоформальдегидного олигомера (26 масс. %), базальтовых волокон (48 масс. %) и измельчённой древесины (26 масс. %). Износ сопрягаемых тел оценивали методом взвешивания. Исследование топографии поверхностей трения после изнашивания проводили на металлографическом микроскопе МИМ-8.

Результаты исследования и их обсуждение. Установлено, что интенсивность изнашивания i_h 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 (рисунок 1). 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.

Зависимость i_h от скорости v графически изображается кривыми с минимумом, положение которого определяется нагрузкой, и находится в интервале v , равном 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 её 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 жёсткие 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.

Близкие к описанным выше поверхности отклика $i_h(p, v)$ и $f_c(p, v)$ получены при испытаниях пары «резина—сталь» в воздушной среде. Отличие состоит в том, что трение качения при рабочих нагрузках ($p < 5...7$ МПа) вызывает менее интенсивное изнашивание резины в воздушной среде, чем в воздушно-соляной. В последнем случае проскальзывание ролика вызывает абразивное изнашивание поверхностей трения свободными абразивными частицами, содержащимися в горной породе и налипающими на поверхности трения сопрягаемых тел. При экстремальных нагрузках ($p > 7$ МПа) наблюдается обратная картина: i_h резины в воздушной среде выше, чем в воздушно-соляной, так как при высоких значениях p и отсутствии соляной прослойки резина изнашивается по адгезионному механизму. На её поверхности содержатся следы вырывов и усталостного изнашивания. В воздушно-соляной среде образуется плёнка соли, предохраняющая трущиеся тела от непосредственного контакта и адгезионного взаимодействия.

Исследования процессов, протекающих в зоне фрикционного контакта, показали, что особая роль в изнашивании принадлежит старению (окислению) резины. При длительной эксплуатации в её поверхностном слое происходит разрыв связей в основном скелете молекул и образование свободных радикалов, способных взаимодействовать с молекулами окружающей среды. Это подтверждается

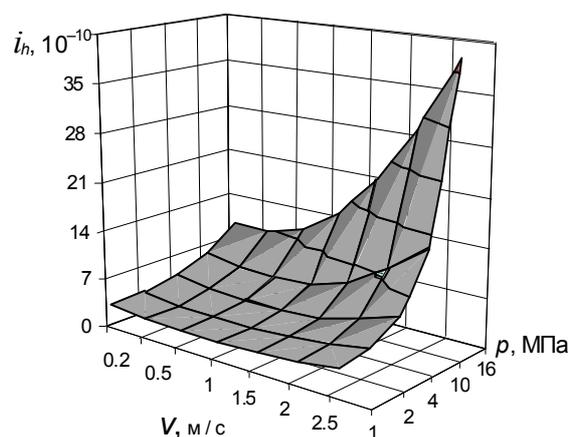


Рисунок 1. — Влияние давления и скорости на линейную интенсивность изнашивания конвейерной ленты при трении качения по ролику из стали в воздушно-соляной среде

интенсивным поглощением кислорода после истечения времени t , равного 6 600 ч. Далее резина окисляется, её поверхностный слой теряет эластичность и сопротивление усталости. Об этом свидетельствуют результаты изучения кинетики изнашивания резины: после приработки и стабилизации триботехнических характеристик наступает период её интенсивного изнашивания. Обнаружено, что окисление резины ускоряется при контакте её со сталью и солями металлов переменной валентности, так как 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 её окислением экзотермического пика при температуре 220°C возрастает на 10...15%. Повышение температуры на пятнах фактического контакта способствует локальному старению резины.

Рассмотрим результаты исследования фрикционного взаимодействия конвейерной ленты и роликов из композита (рисунок 2).

Установлено, что при качении в воздушно-соляной среде контакт ленты с роликом из полимерного композита более предпочтителен, что особенно характерно для высоких нагрузок. Так, при трении по

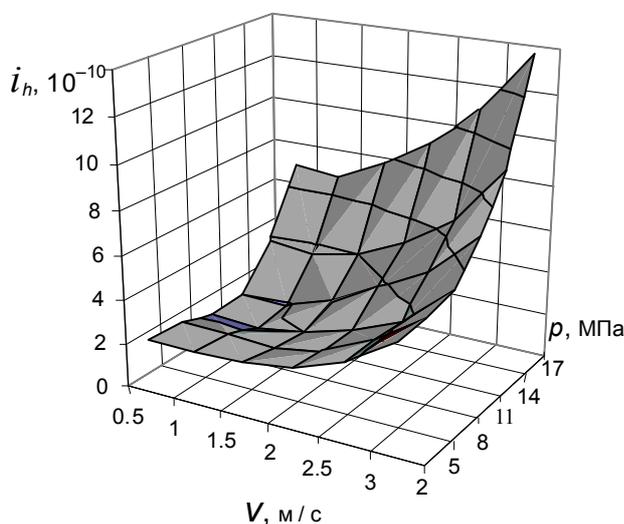


Рисунок 2. — Влияние давления и скорости на линейную интенсивность изнашивания конвейерной ленты при трении качения по ролику из композита в воздушно-соляной среде

стали i_h резины в 1,6...3,0 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 $i_h(v)$ немонотонна, что связано с действием двух конкурирующих факторов. При увеличении v до 1,5 м / с время контакта и «оседлой» 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, так как доминирующее влияние начинает оказывать фрикционный нагрев поверхностей трущихся тел, снижающий их модуль упругости и повышающий адгезионную составляющую трения и скорость старения резины.

Выполненные исследования указывают на то, что в ленточных конвейерах, эксплуатирующихся

в воздушно-соляной среде подземных выработок, сальвинитовых обогатительных фабрик и солеотвалов, более высокая долговечность транспортирующей ленты будет достигнута при установке роликов с композитными обечайками.

Заключение. Наличие в окружающей среде калийного предприятия хлористых солей калия и натрия вызывает более интенсивное изнашивание ленты конвейера. При этом к усталостному виду изнашивания добавляется абразивное и адгезионное, а нагрузка и скорость оказывают менее существенное влияние на изнашивание. При фрикционном взаимодействии со сталью транспортирующая лента изнашивается в 1,6...2,8 раза более интенсивно, чем при контакте с полимерным композитом, что объясняется более высоким коэффициентом трения резины по стали, ухудшением параметров топографии поверхности стального ролика в воздушно-соляной среде, а также снижением механических характеристик резины в результате окисления и старения поверхностного слоя, активируемого металлом.

При длительном контакте со сталью или солями металлов переменной валентности поверхностный слой резины теряет эластичность и сопротивление усталости. Механизм этого явления обусловлен тем, что ионы металлов ускоряют процесс распада гидроперекисей, происходит разрыв связей в основном скелете молекул и образование свободных радикалов, способных взаимодействовать с молекулами окружающей среды. Скорость протекания этого процесса возрастает при повышении температуры и приложении механической нагрузки.

Список цитируемых источников

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 ; Покрытия для узлов трения на основе эластомеров / А.А. Дудка [и др.] // Трение и износ. 1998. Т.19. № 3. С. 376—378 ; Екименко А.Н., Колдаев О.Ю., Колдаева С.Н. Технологические и конструктивные особенности повышения работоспособности конвейерного транспорта горнодобывающих производств // Горная механика и машиностроение. 2013. № 3. С. 57—64.
2. Баргенов Г.М., Лаврентьев В.В. Трение и износ полимеров. Л. : Химия, 1972. 240 с. ; Айсс Н.С. Трение и изнашивание полимеров // Трибология. Исследования и приложения. М. : Машиностроение, 1993. С. 176—189.

Поступила в редакцию 06.05.2016.