

В последние годы слабо- и средненагруженные металлические подшипники (скольжения и качения), эксплуатирующиеся в условиях агрессивно- и абразивосодержащих сред при отсутствии регулярной смазки заменяют в процессе ремонта на подшипники скольжения из древесно-полимерных материалов или древесины. Природные композиты в диапазоне  $p_v - 1...3$  МПа·м/с по своим триботехническим характеристикам превосходят многие металлы и спеченные материалы в интервале рабочих температур до  $120^\circ\text{C}$ . Новое поколение подшипников скольжения самосмазывающихся (ПСС) с вкладышами из древесины ТПД, технология изготовления которых основана на способе изгиба древесных заготовок гибкой дискретной системой в сплошные цилиндрические оболочки, позволил при внедрении в производство не только повысить эксплуатационные свойства узлов трения, но и снизить себестоимость процесса изготовления.

Восстановление валов осуществляется, как правило, нанесением износостойких антифрикционных покрытий на изношенную поверхность. Для нанесения покрытий при реставрации широкое применение нашли методы газотермического и, в частности, газопламенного напыления (ГПН). Выбор последнего метода для восстановления металлической поверхности учитывал конкретные требования к обрабатываемым поверхностям, возможности материала по пределу упрочнения, а также технологические возможности используемого процесса.

Для достижения поставленной цели необходимо было выбрать материал покрытия, обеспечивающий максимальную стойкость пары трения в диапазоне работоспособности подшипника нового поколения. На изношенные шейки валов наносили покрытия на установке «ТЕРКО» газопламенным напылением проволок из сталей 40Х13, 65 Г и порошковой проволоки ПТП-1.

Анализ изменения износостойкости  $I$  у исследуемых пар показал, что в пределах удельных нагрузок от 0,25 до 1,5 МПа и при скоростях скольжения 0,25–1,0 м/с минимальные значения  $I$  имеют покрытия из стали 40Х13; они изменяются в пределах от 0,07 до 0,08 мкм/км, при использовании же литого ролика из стали 45Х  $I$  – в пределах 0,10–0,15 мкм/км. Максимальный  $I$  наблюдался у покрытий, напыленных композиционной порошковой проволокой ПТП-1, и составлял 0,14–0,18. Этот факт можно объяснить низкой адгезией смазочных материалов к данным покрытиям. Износ вкладышей из древесины ТПД на протяжении всего цикла испытаний был незначителен и находился в пределах от 0,04 до 0,08 мкм/км. Такой небольшой износ обусловлен наличием граничного прочного слоя за счет высокой плотности ( $1,2 \text{ кг/м}^3$ ) и твердости (60 HRB) древесной оболочки. Однако дальнейшее повышение нагрузки приводило к резкому повышению интенсивности изнашивания древесного вкладыша.

Таким образом, выбор рационального варианта пары «покрытие–древесный вкладыш» может не только обеспечить износостойкость сопряженных поверхностей деталей (с учетом конкретных условий эксплуатации), а также повысить надежность узлов трения машин и механизмов.

УДК 62-233.21/22

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ НАГРУЖЕНИЯ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

А. Б. НЕВЗОРОВА, К. М. СИДОРЕНКО, В. Л. МОЙСЕЕНКО, В. Б. ВРУБЛЕВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта

Цель данных исследований – изучить влияние режимов нагружения на работоспособность подшипников скольжения самосмазывающихся на основе модифицированной древесины пород сосны, берёзы, дуба, клёна на коэффициент трения.

Коэффициент трения у самосмазывающихся подшипников скольжения на основе древесины, пропитанной минеральной смазкой, загущенной высокомолекулярными соединениями с увеличением нормальной нагрузки проходит через минимум вне зависимости от породы и от того, происходит ли трение по стали незакалённой или закалённой до HRC 40-45. При малых нагрузках  $p = 0,5$  МПа коэффициент трения высокий и равен: у берёзы  $f = 0,15$ , клёна  $f = 0,175$ , дуба и сосны  $f = 0,195...0,2$ , а температура тепла, генерируемого в контактной зоне, у всех пород составляет  $20^\circ\text{C}$  и определяется неприработанностью контактных поверхностей и большим сопротивлением смазочного слоя сдвигу. С повышением нагрузки до  $p = 1,5...2$  МПа при всех скоростях скольжения ко-



коэффициент трения снижается и при  $v = 0,75$  м/с составляет: у берёзы и клёна  $f = 0,085 \dots 0,092$ , а у дуба и сосны  $f = 0,11 \dots 0,12$ . При дальнейшем повышении нагрузки наблюдается незначительное снижение коэффициента трения и при  $p = 4$  МПа коэффициент трения у всех пород имеет значение  $f = 0,08 \dots 0,09$ , а температура в контактной зоне  $120^\circ\text{C}$  – у дуба и берёзы, у сосны и клёна  $135^\circ\text{C}$ . При малых нагрузках коэффициент трения большой, так как молекулы смазки находятся в хаотичном состоянии. С увеличением нагрузки они ориентируются, и сопротивление их перемещению относительно друг друга уменьшается.

Дальнейшие испытания прекращались в связи с тем, что нагрев древесины свыше  $150^\circ\text{C}$  приводит к деструкции некоторых компонентов древесины, а при температурах до  $150^\circ\text{C}$  происходит в основном потеря связанной (гигроскопической) влаги и химический состав древесины.

С увеличением скорости скольжения коэффициент трения снижается, а предельная нагрузочная способность уменьшается, при этом в контакте с закалённым роликом при всех скоростях она больше, чем с незакалённым. Так, при  $v = 0,25; 0,5; 0,75; 1$  м/с с закалённым роликом она составляет соответственно 11; 6; 5; 3,5 МПа, а с незакалённым роликом 6,5; 4,5; 2,5; 2 МПа.

Одновременно изучалось влияние шероховатости контртела на работоспособность подшипников скольжения самосмазывающихся. Установлено, что нагрузочная способность при шероховатости контртела  $R_a = 0,63 \dots 0,32$  мкм выше, а коэффициент трения ниже, чем при работе с роликом шероховатостью  $R_a = 2,5 \dots 1,25$  мкм. Так, при скорости скольжения  $v = 0,25$  м/с нагрузочная способность составляет 11 МПа при  $R_a = 0,63 \dots 0,32$  мкм; 8,5 МПа –  $R_a = 1,25 \dots 0,63$  мкм и 7,5 МПа –  $R_a = 2,5 \dots 1,25$  мкм. Таким образом, с улучшением чистоты обработки контртела износ подшипников скольжения самосмазывающихся уменьшается.

Из проведенных исследований видно, что на режимы нагружения и работоспособность подшипников скольжения на основе модифицированной древесины оказывают влияние термообработка контртела и чистота обработки его контактной поверхности. Так, при всех скоростях скольжения подшипники скольжения в контакте с закалёнными роликами и чистотой обработки поверхности трения  $R_a = 0,63 \dots 0,32$  мкм имеют наибольшую нагрузочную способность и наименьший коэффициент трения, чем при работе с незакалёнными роликами.

УДК 675.81. – 035.52 (066)

## ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ НАШПАЛЬНЫХ И ПОДРЕЛЬСОВЫХ АМОРТИЗАЦИОННЫХ ПРОКЛАДOK

О. В. НИКИТИН, Т. К. КОРОЛИК

*Белорусский государственный университет транспорта*

Разработка новых материалов и технологий для производства нашпальных и подрельсовых амортизационных прокладок, снижающих износ деревянных и железобетонных шпал, а также продлевающих срок их эксплуатации, имеет важное значение.

В настоящее время прокладки изготавливаются, в основном, из резины, в состав которой входит каучук. Отсутствие производства каучука в Беларуси и его высокая стоимость по сравнению с другими полимерными материалами приводит к значительному удорожанию продукции и снижению ее потребительских свойств.

Известна технология переработки отходов от регенерации изношенных автомобильных шин в композиционный материал, в котором в качестве связующего использовалась фенольная смола [1]. Эксплуатационные испытания, проведенные в различных регионах, показали, что амортизирующие прокладки имеют высокую износостойкость и долговечность. Существенным недостатком данной технологии является высокая токсичность фенольной смолы.

В настоящее время разработана технология получения композиционного материала на основе отходов ПЭВД и отходов обувного производства (юфть, микропористая резина), которая успешно внедрена на производственном участке ОДО «Ресурс – НПФ» (г. Гомель). Здесь методом прямого горячего прессования изготавливаются прокладки на деревянные шпалы, а также комплекты прокладок для мостовых и переводных брусьев стрелочных переводов марок 1/9 и 1/11 [2].