



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 62-233:674.05

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ
ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**

© *Е.А. Памфилов, д-р техн. наук, проф.*

Е.В. Алексеева, ассист.

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, пр-т Станке
Димитрова, д. 3, г. Брянск, Россия, 241037; e-mail: pamfilov@bgita.ru

Современные машины и оборудование лесного комплекса, в том числе деревоперерабатывающая техника, имеют существенный недостаток – повышенный износ деталей узлов скольжения. Отличительными эксплуатационными особенностями этих узлов, помимо широкого диапазона и уровня прилагаемых нагрузок, являются работа при действии вибраций, абразивных и химически активных сред, недостаточной смазке, существенное влияние оказывают также тепловые процессы, возникающие в результате реализации достаточно высоких давлений и скоростей трения, а также протекания ряда физико-химических процессов под действием триботехнической среды. Для улучшения характеристик опор скольжения во многих случаях для их изготовления можно рекомендовать гетерогенные полимерно-металлические материалы, в которых суммируются положительные свойства пластмасс (самосмазываемость, задиростойкость, отсутствие шаржирования, коррозионная стойкость, пластичность) и металлов (механическая прочность, жесткость, теплостойкость). Достаточно перспективным является предложенный нами новый теплоаккумулирующий материал, который может быть выполнен на основе как искусственных, так и растительных полимеров, в частности древесины. Использование теплоаккумулирующего эффекта применяемых наполнителей способствует дополнительному улучшению теплофизических свойств создаваемых композиционных материалов. Такой эффект достигается как за счет увеличения количества теплоотводящих металлических компонентов, так и за счет обеспечения возможности аккумуляции тепловой энергии структурными составляющими вследствие теплопоглощения, происходящего при фазовых превращениях эвтектоидного или эвтектического характера. В этом случае выделяющееся при трении тепло отводится металлическими включениями вследствие их высокой теплопроводности и расходуется на плавление легкоплавкого содержимого металлических элементов. При этом дальнейшего увеличения температуры деталей, выполненных из теплоаккумулирующего материала, не происходит. Таким образом, размещение в модифицированной древесине теплоаккумулирующих элементов из легкоплавкого сплава не только повышает эффективность отвода тепла из зоны трения, но и понижает температуру работы детали. Реализация указанных в статье рекомендаций при проектировании и модернизации оборудования и оснастки предприятий лесного комплекса может обеспечить существенное повышение надежности используемой техники.

Ключевые слова: узлы трения скольжения, металлополимерные материалы, теплорассеивающие пластмассы, теплоаккумулирующие материалы.

Значение лесной промышленности в экономике Российской Федерации обусловлено большими запасами древесины и их широкой территориальной распространенностью. При этом основными поставщиками изделий из древесины и древесных материалов являются предприятия лесозаготовительной и деревоперерабатывающей промышленности, для успешного функционирования которых необходима высокопроизводительная и надежная техника, обеспечивающая выпуск качественной продукции с наименьшими затратами на производство.

В связи с этим современное оборудование деревопереработки должно обладать повышенной надежностью и работоспособностью, чтобы справляться возрастающими объемами производства. Несмотря на разнообразие такого оборудования, практически все его виды имеют существенный недостаток – повышенный износ деталей узлов скольжения. К таким деталям относятся направляющие устройства станков, ползуны лесопильных рам, подшипники скольжения, фрикционные тормозные устройства, работающие в большом диапазоне скоростей: от низкоскоростных для роликов транспортеров подающих механизмов до высокоскоростных подшипников скольжения шпинделей станков.

При их эксплуатации далеко не всегда обеспечивается требуемая работоспособность, главным образом, по причине достижения недопустимой величины износа. Замена же износившихся деталей зачастую требует длительной остановки машин, что приводит к простоему оборудования и, как следствие, к снижению его производительности.

Отличительными эксплуатационными особенностями указанных узлов, помимо широкого диапазона и уровня прилагаемых нагрузок, является работа при действии вибраций, абразивных и химически активных сред, недостаточной смазке. Процесс изнашивания рассматриваемых узлов скольжения обычно представляет собой совокупность сложных процессов и явлений, происходящих на функциональных поверхностях и в граничных слоях сопрягаемых деталей пары трения. К таким явлениям относятся деформирование и износ, усугубляемые действием абразива и циклического нагружения, а также проявлением явления схватывания.

Кроме того, на работоспособность этих узлов существенное влияние оказывают тепловые процессы, возникающие в результате реализации достаточно высоких давлений и скоростей трения, а также протекания ряда физико-химических процессов под действием триботехнической среды. В связи с этим актуальным является вопрос повышения долговечности узлов скольжения за счет совершенствования их конструкций, использования более эффективных фрикционных и антифрикционных материалов, обладающих повышенными теплофизическими характеристиками и виброгасящими свойствами,

а также путем оптимизации технологии изготовления и упрочнения деталей, составляющих узлы трения.

Анализ условий эксплуатации подшипников скольжения в деревообрабатывающем оборудовании показывает, что большинство из них работают в условиях отсутствия гидродинамической смазки. В связи с этим повышение износостойкости таких деталей может быть достигнуто либо посредством их конструктивного совершенствования, чтобы обеспечить режим жидкостной или граничной смазки, либо путем целесообразного размещения в зоне фрикционного контактирования материала, способного работать в режиме самосмазывания (например, графит, фторопласт, дисульфид молибдена и т.п.) [1, 2, 6].

Организация режима трения со смазкой в контактной зоне возможна за счет размещения на рабочих поверхностях смазочных карманов, в которых удерживается смазочная среда, закладываемая при сборке соединения. Такие смазочные карманы обычно имеют форму окружности или ромба. Достичь подобного эффекта возможно также путем равномерного размещения на поверхности втулки вставок твердого смазочного материала [12, 13]. Периодическое возобновление этих смазочных материалов в процессе эксплуатации узла позволяет существенно увеличить срок службы подшипников скольжения. Кроме того, используемые смазочные материалы должны по своему химическому составу подбираться таким образом, чтобы обеспечить возможность дополнительной защиты поверхностей деталей подшипникового узла от коррозии.

Если смазка подшипников скольжения трудно осуществима или экономически невыгодна, то для их изготовления могут быть использованы менее чувствительные к недостатку смазки металлокерамические материалы, которые обычно получают путем прессования порошков металлов или их смесей друг с другом, а также с неметаллами в процессе последующего спекания в защитной атмосфере. Существенного эффекта можно достигнуть путем пропитки пористых композиций в смазочной среде. Для изготовления вкладышей подшипников чаще других применяют такие металлокерамические материалы, как пористое железо, железо- и бронзографит. При этом пористые материалы на железной основе по сравнению с бронзографитовыми менее дефицитны, имеют более высокие механические свойства и могут работать в более тяжелых условиях [3].

Наиболее существенным преимуществом пористых металлокерамических вкладышей подшипников является наличие пор, которые заполняются смазкой и служат источником образования достаточно устойчивой масляной пленки. Это связано с тем, что при пропитке втулки или вкладыша нагретая смазка заполняет имеющиеся в подшипниковом материале поры и капилляры и ее запас обеспечивает в процессе последующей эксплуатации формирование смазочной пленки на трущихся поверхностях.

Эффект самосмазывания достигается при использовании полимеров, которые хорошо противостоят коррозии, обладают высокой водо-, масло- и бензостойкостью, хорошо демпфируют динамические нагрузки, быстро прирабатываются, имеют низкие коэффициенты трения по стали в большом диапазоне нагрузок и скоростей, отличаются высокой износостойкостью. Отличительной особенностью антифрикционных полимерных материалов является то, что при смазывании водой они сохраняют достаточно высокую работоспособность в ряде случаев не меньшую, чем при смазывании минеральными маслами. Поэтому в случае попадания из внешней среды различных жидкостей в узлы, выполненные с применением полимерных материалов, их достаточно высокая работоспособность сохраняется. Кроме того, антифрикционные или фрикционные элементы, изготовленные из полимеров, значительно дешевле широко применяемых дорогостоящих сплавов цветных металлов.

Для изготовления вкладышей подшипников используют синтетические термореактивные (пластмассы на основе фенолоформальдегидной смолы – текстолит, карболит и др.) и термопластичные (полиамиды, полиэфиры и др.) материалы [5].

Однако полимерные материалы обладают рядом существенных недостатков (малая теплопроводность и большой коэффициент термического расширения), что негативно сказывается на эксплуатационных свойствах подшипниковых узлов. Например, нагрев полимера в процессе эксплуатации сверх допустимой температуры вызывает изменение зазора между валом и подшипником, приводит к оплавлению полимера и, в итоге, к разрушению функциональных поверхностных слоев и выходу узла трения из строя.

Во избежание температурного перегрева подшипника целесообразно использовать в опорах скольжения теплорассеивающие полимерные композиты, представляющие собой гранулированную пластмассу, как правило, на основе высокотемпературных полимеров – полиамида, полифениленсульфида [10]. Такие материалы отличаются низким коэффициентом линейного термического расширения, способны лучше других полимеров (в 30–300 раз больше) проводить тепло и рассеивать его в окружающей среде, что позволяет повысить скорости и нагрузки в узлах скольжения подшипников и тормозных устройств.

Применение в паре трения с металлом теплорассеивающих пластмасс со специально введенными «смазывающими» компонентами позволяет увеличить $p\cdot v$ -фактор до 5,0...10,0 МПа·м/с по сравнению с наполненными полиамидами и полиформальдегидами (0,8...2,5 МПа·м/с) [10].

Теплорассеивающие пластмассы позволяют создавать более надежные высоконагруженные самосмазывающиеся узлы трения, способные работать при температурах до 200...250 °С в условиях абразивосодержащих и агрессивных сред. Конструкции подшипников на основе теплорассеивающих пластмасс достаточно просты, технологичны и надежны. Однако применение дета-

лей из теплорассеивающих полимеров целесообразно в изделиях, обеспечивающих непосредственную передачу теплового потока от источника в окружающую среду, поэтому их использование в узлах трения без дополнительной оптимизации составов и эксплуатационных характеристик затруднено.

Для улучшения характеристик узлов скольжения во многих случаях можно рекомендовать использовать не гомогенные материалы, а вводить оптимизирующие наполнители во фрикционный или антифрикционный материал, создавая более работоспособную гетерогенную структуру. Требуемые свойства гетерогенных материалов достигаются за счет комбинирования различных составляющих в композите, которое обеспечивает получение новых материалов, проявляющих не только свойства отдельных исходных компонентов, но и имеющих определенные совокупные характеристики за счет проявления синергетического эффекта [6].

Таким образом, за счет подбора исходных материалов и целесообразной технологии создания композитов возможно получать материалы с заранее прогнозируемыми свойствами. В частности, для снижения уровня теплового воздействия на детали узлов скольжения, изготовленных из полимеров, в качестве наполнителя целесообразно использовать металлы, обладающие высокой теплопроводностью. Для повышения работоспособности деталей при их фрикционном взаимодействии без смазки можно использовать в антифрикционном материале сочетание металлической и полимерной составляющих. Такой же результат достигается путем создания комбинированных конструкций деталей узлов скольжения, состоящих из полимеров и металлов, соединяемых между собой механическими способами [1, 2, 6, 7, 9, 14].

Из композиционных материалов, используемых для изготовления деталей узлов трения оборудования деревоперерабатывающей промышленности, весьма эффективными являются металлополимерные материалы. По структуре такие материалы делятся на матричные, слоистые и дисперсные. Матричные материалы состоят из сплошной среды (матрицы), в которой содержатся включения (арматура или дисперсный наполнитель). Матрица делает материал монолитным и придает ему форму, обеспечивает передачу усилий на арматуру и защищает ее от механических повреждений и воздействия агрессивных сред. Матричные материалы, которые содержат дисперсный наполнитель в виде порошка, чешуек, коротких волокон и т. д., называются наполненным. Материалы, в которых в качестве наполнителя используются длинномерные элементы (ткани, сетки, волокна и др.), называют армированными [1, 4].

В матричных материалах суммируются положительные свойства пластмасс (самосмазываемость, задиростойкость, отсутствие шаржирования, коррозионная стойкость, пластичность) и металлов (механическая прочность, жесткость, теплостойкость) [4].

На сопротивляемость изнашиванию и фрикционные характеристики материалов существенно влияют такие факторы, как объемное содержание

наполнителя, размер и форма его частиц, физико-химические свойства материалов наполнителя и основы и др.

От вида, свойств, количества и сочетания наполнителей зависят также объемные и поверхностные физико-механические, термомеханические, теплофизические и технологические свойства композиционных материалов. Из металлов в качестве наполнителей целесообразно использовать порошки бронзы, меди, железа, свинца и др. Из неорганических наполнителей наиболее перспективны оксиды и соли металлов, стекло в виде порошка, волокна, нити и ткани, слюда, глинозем, оксид кремния, кокс, а также антифрикционные наполнители: графит, сульфиды и другие вещества, способные выполнять функции твердой смазки. Из органических наполнителей возможно применение хлопчатобумажных и синтетических волокон и тканей, антифрикционных термопластов (полиамидов, полиэтилена и др.) [8].

При использовании древесины в качестве матрицы для изготовления антифрикционных материалов существенный эффект достигается в результате наполнения ее легкоплавкими металлическими материалами, оксидами и т. д. Создаваемые таким образом материалы имеют, по сравнению с каждым из исходных материалов, повышенные физико-механические и антифрикционные характеристики [6, 9].

Антифрикционные металлополимерные покрытия целесообразно использовать для обеспечения низкого значения коэффициента трения и возможности эксплуатации в условиях отсутствия смазочного материала.

Достижение требуемого уровня теплофизических и триботехнических характеристик деталей узла трения может быть осуществлено путем нанесения на прочную стальную подложку поверхностного слоя, состоящего из полимеров или композитов на их основе (антифрикционные покрытия, ленточные материалы и многослойные композиты).

Повышенные функциональные параметры полимерных антифрикционных покрытий малой толщины (несколько десятков микрометров) могут быть достигнуты за счет выполнения направленной приработки трущихся металлических поверхностей в целях последующего предотвращения их повреждений в случае нарушения целостности слоя гидродинамической или граничной смазки при эксплуатации.

Эффективным способом улучшения эксплуатационных свойств опор скольжения является размещение на стальной подложке ленточных материалов, рабочий слой которых состоит из композиционного материала на основе полимеров, либо создание многослойных металлополимерных материалов, которые состоят из чередующихся слоев полимера и металла, расположенных на жесткой подложке, обычно стальной.

На рис. 1 представлены некоторые варианты конструкций однослойных композитов, на рис. 2 – варианты коммерческих многослойных композитов [11].



Рис.1. Структура однослойных композиционных материалов, нанесенных на стальную подложку

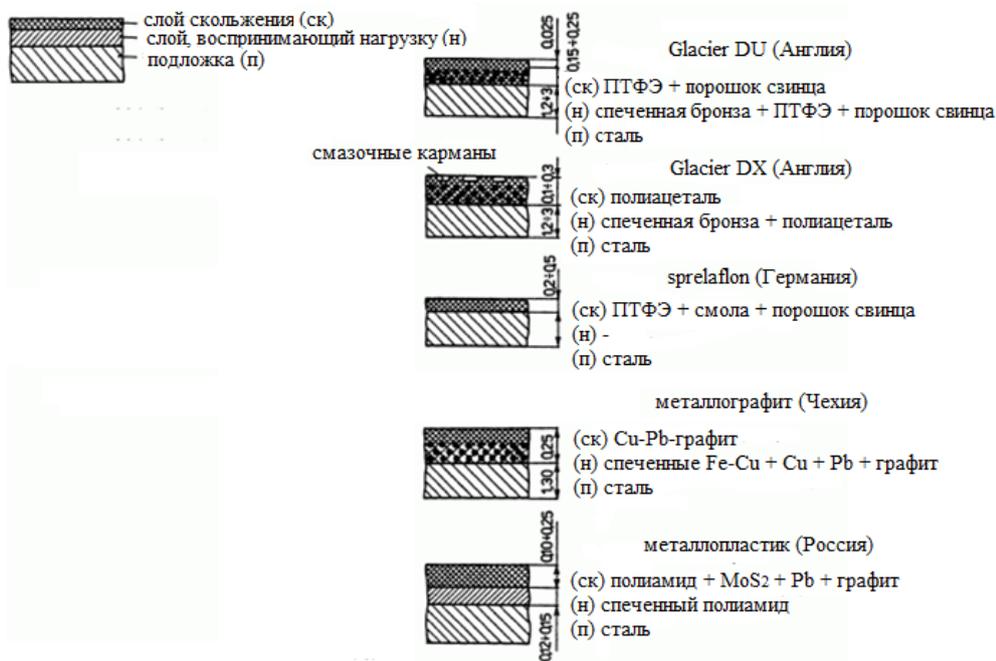


Рис. 2. Структура многослойных наполненных композиционных материалов (размеры в миллиметрах)

Подшипники скольжения, изготовленные из многослойных наполненных металлополимерных композитов, представляют собой металлический пористый каркас, пропитанный полимерами и напыленный на стальную подложку. Металл придает материалу высокую механическую прочность, стабильность размеров и достаточно интенсивно отводит теплоту из зоны фрикционного контакта, полимеры обеспечивают самосмазывание и надежную работу при относительно малых толщинах смазочного слоя. Поэтому такие материалы обладают высокой несущей способностью и предотвращают непосредственное контактирование трущихся поверхностей.

Опоры станков, используемых в деревоперерабатывающей промышленности, могут быть выполнены с вкладышем из антифрикционного композитного материала в виде проклеенной древесины с теплопроводящим элементом в виде металлической полосы, расположенной по спирали между слоями проклеенной древесины [8].

Таким образом, использование композиционных материалов позволяет в существенной степени снизить недостатки отдельных структурных составляющих, при этом получение повышенных механических, теплофизических и триботехнических характеристик достигается путем комбинирования различных по природе материалов.

С этой точки зрения достаточно перспективным выглядит предложенный нами новый теплоаккумулирующий материал [9], который может быть выполнен на основе различных полимеров, как искусственных, так и растительных, в частности древесины. Это связано с тем, что древесина является практически единственным возобновляемым и широко распространенным природным ресурсом. Кроме того, модификация древесины позволяет заменить дорогостоящие породы (бакаут, самшит и др.) в узлах трения на более распространенные и дешевые (сосна, береза, осина и др.). И, наконец, древесина, благодаря своему пористому и волокнистому строению, способна обеспечить режим самосмазывания, обладает возможностью сопротивляться абразивному воздействию, гасить вибрационную и ударную нагрузку, поглощать шум.

Использование теплоаккумулирующего эффекта применяемых наполнителей способствует дополнительному улучшению теплофизических свойств создаваемых композиционных материалов. Такой эффект достигается у указанных материалов как за счет увеличения количества теплоотводящих металлических компонентов, так и за счет обеспечения возможности аккумуляции тепловой энергии структурными составляющими вследствие теплопоглощения, происходящего при фазовых превращениях эвтектидного или эвтектического характера.

В этом случае выделяющееся при трении тепло не только отводится металлическими включениями вследствие их высокой теплопроводности, но и расходуется на плавление легкоплавкого содержимого металлических элементов, при этом дальнейшего увеличения температуры подшипника не происходит.

Таким образом, размещение в модифицированной древесине теплоаккумулирующих элементов из легкоплавкого сплава одновременно повышает эффективность отвода тепла из зоны трения и понижает температуру работы подшипникового узла [9].

Проведенный анализ возможностей использования антифрикционных материалов показал, что ни один гомогенный материал не отвечает в полной мере тем свойствам, которые следует обеспечить подшипникам скольжения деревоперерабатывающего оборудования. В связи с этим решение вопроса комбинирования в конструкциях подшипников скольжения нескольких материалов, способных в совокупности обеспечить для рассматриваемых узлов

**Некоторые триботехнические параметры материалов узлов скольжения
деревообрабатывающего оборудования**

Узел трения скольжения	Скорость скольжения, м/с	Температурный режим эксплуатации, °С	Применяемые материалы
<i>Антифрикционные материалы</i>			
Шпиндель – подшипники скольжения в токарных, шлифовальных, сверлильных и др. станках	10,0...12,0 – обработка мягкой древесины; 0,5...3,0 – твердой	50...70	Стали 40Х, 45, 50 и серые или высокопрочные чугуны – шпиндели; бронзы, баббиты* – подшипники
Направляющие станины – ползуны пильной рамки лесопильной рамы	0,1...0,4	100...140	Древесина твердолиственных пород, лигнофоль, чугуны, текстолит, сплавы меди – ползуны; чугуны, сталь* – направляющие
Направляющие гусеничных механизмов подачи	1,3...2,0	40...50	Текстолит, износостойкие чугуны
Направляющее устройство – ленточная пила ленточнопильного станка	40...50	150...220	Промасленная древесина, древеснослоистый пластик*
Шлифовальная лента – прижимное устройство шлифовального станка	10...30	50...200**	Твердый войлок – прижимное устройство
<i>Фрикционные материалы</i>			
Диски фрикционных тормозов	1,5...2,5	110	Металлокерамические материалы на железной и медной основах, текстолит*
Шлифовальная лента – шкив шлифовального станка	10...30	50...200**	Резиновые покрытия
Тормозная колодка – шкив в ленточнопильных станках		110...270	Сталь, чугун – шкивы; металлическая подложка с фрикционной накладкой (с добавлением бронзы и графита)* – колодки

*Возможна замена обычно применяемых материалов на рекомендуемые в статье теплоаккумулирующие материалы на основе древесины.

**Циклическое воздействие температуры.

необходимые триботехнические характеристики, является важнейшим при выборе наиболее рациональных материалов для изготовления деталей узлов трения. При этом немаловажную роль играют доступность и стоимость составляющих материал компонентов. С конструктивной точки зрения, проектируя подшипники скольжения, необходимо стремиться исключить возможность трения без смазочного материала, обеспечивая тем самым низкий коэффициент трения при эксплуатации рассматриваемой техники. Это дает возможность работать при больших нагрузках и высоких скоростях скольжения в присутствии абразива без шума, вибраций и перегрева подшипника.

Следует отметить, что управление составом и структурой композиционных материалов, в том числе и новых теплоаккумулирующих, позволяет расширить их применение в качестве фрикционных, характеризующихся повышенными температурами работы и интенсивным износом.

Исходя из изложенных выше принципов, можно считать целесообразным использование для ряда характерных узлов трения деревоперерабатывающего оборудования антифрикционных и фрикционных материалов, приведенных в таблице.

При этом во многих случаях желательно использовать в качестве дополнительного способа повышения износостойкости рассматриваемых конструкций различные виды поверхностной упрочняющей обработки, позволяющей обеспечить создание повышенной твердости, регулярной шероховатости, благоприятного уровня остаточных напряжений сжатия и коррозионной стойкости.

Реализация указанных рекомендаций при проектировании и модернизации деревоперерабатывающего оборудования может существенно повысить надежность используемой техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белый В.А., Плескачевский Ю.М.* Металлополимерные системы. М.: Знание, 1982. 64 с.
2. *Белый В.А., Свириденко А.И., Петроковец М.И., Савкин В.Г.* Трение и износ материалов на основе полимеров. Минск: Наука и техника, 1976. 432 с.
3. *Воскресенский В.А., Дьяков В.И.* Расчет и проектирование опор скольжения (жидкостная смазка). М.: Машиностроение, 1980. 224 с.
4. *Жариков В.В.* Технологический процесс и оборудование получения композиционных металлополимерных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Тамбов, 2000. 25 с.
5. *Машков Ю.К.* Полимерные композиционные материалы в триботехнике. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. 262 с.
6. *Памфилов Е.А., Пилюшина Г.А., Прусс Б.Н., Алексеева Е.В.* Новые антифрикционные материалы на основе модифицированной древесины // *Материаловедение*. 2009. № 4. С. 36–39.
7. *Памфилов Е.А., Шевелева Е.В., Муратов Д.И.* Создание новых композиционных древесно-металлических материалов // *Лесн. журн.* 2006. № 2. С. 60–66. (Изв. высш. учеб. заведений).

8. Пат. 108519 РФ, U1 F 16 C 33/04 F 16 C 33/24. Подшипник скольжения / Памфилов Е.А., Лукаш А.А., Прусс Б.Н., Пилюшина Г.А.; заявитель и патентообладатель Брянская гос. инж.-техн. акад. № 2011113560/11; заявл. 07.04.2011; опубл. 20.09.2011.

9. Пат. 2432508 РФ, МПК F 16 C 33/04 F 16 C 33/24. Подшипник скольжения / Памфилов Е.А., Сидоров О.В., Шевелева Е.В., Алексеева Е.В., Пилюшина Г.А.; заявитель и патентообладатель Брянская гос. инж.-техн. акад. № 2007143028/11; заявл. 20.11.2007; опубл. 27.10.2011.

10. Пошарников Ф.В., Усиков А.В., Серебрянский А.И. Применение композиционного материала на основе полимера в узлах трения деревообрабатывающего оборудования // Лесн. журн. 2012. № 4. С. 104–111. (Изв. высш. учеб. заведений).

11. Тепло рассеивающие пластмассы // ООО «СПЕЦПЛАСТ-М». URL: <http://teplostok.dax.ru/index.html> (дата обращения 10.05.2013).

12. Lawrowski Z. Polymers in the construction of serviceless sliding bearings // Archives of Civil And Mechanical Engineering. 2007. Vol. VII, N. 4. P. 139 – 150.

13. Metal/Polymer Composite Plain Bearings // Schaeffler Technologies AG & Co. KG. 2012. URL: <http://www.ina.com> (дата обращения 19.04.2013).

14. Metal-Polymer Sliding Bearings // CLI Industrial Co., Ltd. URL: <http://www.cli-industrial.com> (дата обращения 20.04.2013).

Поступила 30.07.14

UDC 62-233:674.05

The Perspective Materials for Friction Assemblies of Wood Industry Equipment

E.A. Pamfilov, Doctor of Engineering, Professor

E.V. Alekseeva, Assistant

Bryansk State Engineering Technology Academy, Stanke Dimitrova pr., 3, Bryansk, 241037, Russia; e-mail: pamfilov@bgita.ru

The significant disadvantage of modern machines and equipment of forest industry is the increased wear of sliding bearings. The distinctive operating characteristics of these friction units are the vibration, abrasive and chemically active environments, insufficient lubrication, in addition to a wide range and level of the applied loads. Thermal processes due to high pressure and friction velocity, and flow of some physicochemical processes under the action of tribotechnical environment influence on the details of machines. The usage of the heterogeneous polymer-metal materials which combine the positive properties of plastics (self-lubrication, no charging, corrosion resistance, plasticity) and metals (mechanical strength, hardness, heat-resistance) will improve the performance of bearings. The new heat-accumulating material that can be performed on the basis of various polymers, in particular, of wood, is seemed to be perspective. The usage of heat-accumulating fillers helps to improve the thermophysical properties of composite materials. This effect is achieved by increasing the amount of metal components and by the accumulation of thermal energy due to the heat absorption occurring during the phase transformations eutectoid or eutectic nature. In this case, the friction heat is partly diverted by the metallic inclusions due to their high thermal conductivity and partly spent on the melting of the fusible metal content of elements, thus further temperature increasing does not occur. So, the placement of the heat-

accumulating elements with the fusible alloy inside in a modified wood increases the efficiency of the heat removal from the contact areas and lowers the temperature of the details. The implementation of mentioned recommendations can provide a significant increase of the reliability of the equipment of the forestry complex enterprises.

Keywords: sliding friction units, metal-polymer materials, heat dissipated plastic materials, heat accumulating materials.

REFERENCES

1. Belyy V.A., Pleskachevskiy Yu.M. *Metallopolimernye sistemy* [Metal-Polymer Systems]. Moscow, 1982. 64 p.
2. Belyy V.A., Sviridenok A.I., Petrokovets M.I., Savkin V.G. *Trenie i iznos materialov na osnove polimerov* [Friction and Wear of Materials Based on Polymers]. Minsk, 1976. 432 p.
3. Voskresenskiy V.A., D'yakov V.I. *Raschet i proektirovanie opor skol'zheniya (zhidkostnaya smazka)* [Calculation and Design of Bearings (Liquid Lubrication)]. Moscow, 1980. 224 p.
4. Zharikov V.V. *Tekhnologicheskiiy protsess i oborudovanie polucheniya kompozitsionnykh metallopolimernykh materialov*: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Technological Process and Equipment for Production of Composite Metal-Polymer Materials: Cand.Tech.Sci.Diss.Abs]. *Materialovedenie*, 2009, no. 4, pp. 36–39.
5. Mashkov Yu.K. *Polimernye kompozitsionnye materialy v tribotekhnike* [The Polymer Composite Materials in Tribology]. Moscow, 2004. 262 p.
6. Pamfilov E.A., Pilyushina G.A., Pruss B.N., Alekseeva E.V. *Novye antifriktsionnye materialy na osnove modifitsirovannoy drevesiny* [New Antifriction Materials Based on Modification Wood]. *Materialovedenie*, 2009, no. 4, pp. 36–39.
7. Pamfilov E.A., Sheveleva E.V., Muratov D.I. *Sozdanie novykh kompozitsionnykh drevesno-metallicheskih materialov* [The Creation of New Composite Wood-Metal Materials]. *Lesnoy zhurnal*, 2006, no. 2, pp. 60–66.
8. Patent 108519 RF, Pamfilov E.A., Lukash A.A., Pruss B.N., Pilyushina G.A. *Podshipnik skol'zheniya* [Slider Bearing]. no. 2011113560/11, 2011.
9. Patent 2432508 RF, Pamfilov E.A., Sidorov O.V., Sheveleva E.V., Alekseeva E.V., Pilyushina G.A. *Podshipnik skol'zheniya* [Slider Bearing]. no. 2007143028/11, 2011.
10. Posharnikov F.V., Usikov A.V., Serebryanskiy A.I. *Primenenie kompozitsionnogo materiala na osnove polimera v uzlakh treniya derevoobrabatyvayushchego oborudovaniya* [Use of Polymer-Based Composite Material in Friction Units of Woodworking Equipment]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no. 4, pp. 104–111.
11. *Teplorasseyvayushchie plastmassy* [Heat Dissipated Plastic Materials]. Available at: <http://teplostok.dax.ru/index.html> (accessed 10.05.2013).
12. Lawrowski Z. *Polymers in the Construction of Serviceless Sliding Bearings*. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2007, vol. VII, no. 4, pp. 139–150.
13. *Metal/Polymer Composite Plain Bearings*. Schaeffler Technologies AG & Co. KG. 2012. Available at: <http://www.ina.com> (accessed 19.04.2013)
14. *Metal-Polymer Sliding Bearings*. CLI Industrial Co., Ltd. Available at: <http://www.cli-industrial.com> (accessed 20.04.2013).

Received on July 30, 2014