

674
М74

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

УДК 674.049.2+621.891

МОИСЕЕНКО Владимир Леонидович

**СОЗДАНИЕ САМОУСТАНОВЛИВАЮЩИХСЯ
ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

05.21.05 – Древесиноведение, технология и оборудование
деревообработки

Автороферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 2002

Работа выполнена в Белорусском государственном университете транспорта на кафедре деталей машин и подъемно-транспортных механизмов.

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор Врублевская В.И.
(БелГУТ, кафедра деталей машин и
подъемно-транспортных механизмов)

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Соловьева Т.В.
(БГТУ, кафедра химической переработки древесины);

кандидат технических наук
Шаповалов В.М. (ИММС им
В.А.Белого, зав. лаб. «Рециклинг и ма-
териаловедение многокомпонентных
полимерных систем»)

Оппонирующая организация ЗАО «Солигорский институт проблем
ресурсосбережения с опытным произ-
водством»

Защита состоится « 15 » октября 2002 г. в 14 часов на засе-
дании совета по защите диссертации Д 02.08.06 в Белорусском го-
сударственном технологическом университете по адресу: 220050,
г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

Телефон ученого секретаря (0172) 227-83-41.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорус-
ского государственного технологического университета.

Автореферат разослан « 12 » сентября 2002 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций



С.П. Мохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Узлы трения многих машин и механизмов работают в абразивно-агрессивных средах при допустимых перекосах валов до 2-3°, опорами которых являются самоустанавливающиеся подшипники качения (ПК) и подшипники скольжения (ПС). При выходе из строя последних возникает дополнительная проблема их замены, т.к. такие подшипники импортируются в связи с отсутствием их производства в Республике Беларусь. Поэтому создание самоустанавливающихся подшипников скольжения (СПС) является актуальной проблемой.

Самоустанавливающиеся ПК, изготавливаются из дорогостоящих легированных сталей, а ПС – из цветных металлов, которые в РБ отсутствуют. В результате загрязнения и коррозии в абразивно-агрессивных средах подшипники требуют постоянного технического ухода и часто выходят из строя.

Среди большого количества антифрикционных материалов прессованная древесина является одним из перспективных благодаря таким преимуществам, как недефицитность, технологичность, экономичность и воспроизводимость. Разработанный в БелГУТе способ торцово-прессового деформирования древесины (ТПД) позволяет изготавливать подшипники скольжения, надежно работающие в абразивно-агрессивных средах. Однако в реализованных до настоящего времени экспериментальных и промышленных вариантах этого метода не существует технологии изготовления СПС, а также не разработаны их конструкции.

Разработка конструкции и создание технологии изготовления СПС на основе прессованной древесины ТПД, предназначенных для узлов трения машин и механизмов, допускающих перекосы осей, валов, а также использование древесины с заранее заданными свойствами представляют теоретическую и практическую задачу, решение которой будет способствовать широкому внедрению таких подшипников в народное хозяйство.

Связь работы с научными программами, темами. Исследовательские работы проводились в рамках выполнения научно-технических программ Министерства образования Республики Беларусь: ГБ №2054 «Разработка основных принципов выбора типа и размеров самосмазывающихся подшипников скольжения» ГР №19991082, ГБ №2217 «Моделирование и оптимизация технологичности»

401ар

ских процессов уплотнения древесины для получения износостойких подшипников скольжения» - ГР №20001398; а также аспирантских грантов Министерства образования РБ: ГБ №2235 «Разработка конструкции и технологии изготовления самоцентрирующихся подшипников скольжения» - ГР №20002937, ГБ №2425 «Исследование триботехнических свойств самоцентрирующихся подшипников скольжения на основе модифицированной древесины» - ГР №20011145.

Цель и задачи исследования. Цель работы - разработка СПС из прессованной модифицированной древесины и создание технологических основ их производства, позволяющих повысить долговечность узлов трения машин и механизмов.

Указанная цель достигается решением следующих основных задач:

1. Разработать конструкцию и технологию изготовления крупногабаритных самоустанавливающихся подшипников скольжения на основе древесины торцово-прессового деформирования.

2. Обосновать выбор породы древесины для изготовления качественных древесных вкладышей и разработать регрессионную модель усилий ТПД в зависимости от различных параметров заготовок.

3. Определить оптимальные режимы пропитки, позволяющие получать высокопрочные и стабильные по размерам подшипники, а также разработать энергосберегающее устройство для пропитки.

4. Определить влияние десорбированной влаги на степень пропитки древесины и разработать технологию пропитки подшипников скольжения.

5. Исследовать триботехнические характеристики древесных вкладышей в зависимости от шероховатости и твердости контактирующих поверхностей.

6. Провести производственные испытания крупногабаритных самоустанавливающихся подшипников скольжения и оценить экономическую эффективность их внедрения в узлах трения машин и механизмов.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является технологический процесс получения крупногабаритных СПС на основе прессованной древесины методом торцово-прессового деформирования.

Предмет исследования – явления, протекающие при торцово-прессовом деформировании и пропитке древесных заготовок, и фак-

торы, влияющие на технологический процесс изготовления СПС, а также их триботехнические свойства.

Методология и методы проведенного исследования. Методология базировалась на реализации комплексного подхода к применению различных методик исследований, теоретического анализа и моделирования основных процессов. В работе использованы методы поиска оптимальных решений на основе математического планирования экспериментов. Триботехнические характеристики крупногабаритных СПС исследовали на разработанном и изготовленном стенде с конструкцией вала, позволяющей изменять несоосность от 1 до 3°.

Научная новизна и значимость полученных результатов.

Впервые разработана технология изготовления крупногабаритных самоустанавливающихся разъемных и неразъемных подшипников скольжения на основе древесины, определены режимы их пропитки и установлены экспериментальные данные по особенностям торцово-прессового деформирования древесины различных пород. Получена регрессионная модель зависимости усилия ТПД от геометрических размеров и породы древесных заготовок, теоретически обоснован расчет компенсаторов. Выявлено влияние нагрузки, скорости скольжения, твердости и шероховатости поверхности СПС на их работоспособность в условиях перекоса валов.

Практическая значимость полученных результатов.

Создана конструкция и технология изготовления самосмазывающихся подшипников скольжения из древесины со сферическими поверхностями, не имеющая аналогов в РБ и за рубежом (патент РБ №162). Предложен метод экспериментального определения реального количества впитанного смазочного материала древесиной при высокотемпературной пропитке вкладыша СПС. Разработана установка для изготовления самоустанавливающихся крупногабаритных подшипников скольжения, а также технологическая оснастка для их производства из секторов древесины торцово-прессового деформирования, позволяющие выпускать 120-150 шт. в смену.

. Конструктивные и технологические решения по СПС внедрены в производство на ОДО «ЭЛМИС и Ко», что позволило получить годовой экономический эффект в объеме 21.05 млн. руб. в ценах 2001 года только за счет снижения себестоимости изготовления и увеличения срока службы.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- новая технология изготовления крупногабаритных СПС с втулкой из древесины ТПД;
- регрессионная модель расчёта усилий деформирования древесины различных пород, с учётом геометрических размеров заготовок;
- метод стабилизации размеров древесного вкладыша СПС после высокотемпературной пропитки;

Личный вклад соискателя. Диссертация явилась результатом личной работы автора. Им проведен анализ существующих конструкций самоустанавливающихся подшипников и технологий их изготовления. Обоснована возможность изготовления СПС ТПД. Разработана их конструкция и технология изготовления. Разработана регрессионная модель ТПД, позволяющая определить влияние породы древесины и геометрических размеров заготовок на усилие деформирования. Разработана методика определения количества впитанного смазочного материала. Соискатель принимал непосредственное участие в постановке задач исследования, проведении экспериментов, обработке результатов и их практическом применении, в подготовке докладов и публикаций по данной теме.

Апробация результатов исследования. Основные результаты исследований и разработок по теме диссертаций докладывались и обсуждались на следующих международных конференциях, симпозиумах и семинарах: «Проблемы безопасности на транспорте», Гомель, 1997, 2000; «Экология и молодежь», Гомель, 1999; «Актуальные проблемы развития транспортных систем», Гомель, 1998; «Современные материалы, оборудование и технология упрочнения и восстановления деталей машин», Новополоцк, 1999; «Актуальные проблемы развития транспортных систем», Гомель, 2001, «Потенциал науки – развитию промышленности, экономики, культуры, личности», Минск, 2002.

Опубликованность результатов. Основные результаты исследований изложены в 14 научных работах, в том числе 5 статьях в научных изданиях, 7 тезисах докладов конференций и 2 патентах. Общий объем опубликованных работ составляет 37 с.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации -128 листов машинописного текста. Работа содержит 83 рисунка, 11 таблиц, 111 литературных источников и приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении даётся краткая характеристика современного состояния проблемы, обоснование актуальности темы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведён краткий обзор преимуществ и недостатков современных подшипниковых материалов и состояние вопроса в области конструирования из них самоустанавливающихся подшипников, позволивший констатировать следующее.

Достигнуты значительные успехи в области создания антифрикционных подшипниковых материалов. В настоящее время известен большой спектр таких материалов, однако, многие из них в РБ не выпускаются. Развитие производства в условиях растущего дефицита сырьевых ресурсов обуславливает необходимость создания новых машиностроительных материалов из местного сырья, в том числе естественно воспроизводимого, например, древесины.

Из множества конструкций и технологий изготовления самоустанавливающихся ПС известны лишь древесно-полимерные, обладающие свойством самоустановки, разработанные в ИММС им. В. А. Белого. Применение данных подшипников ограничивается сложностью технологии изготовления и старением полимерных материалов.

Проблеме создания конструкций и технологий изготовления самоустанавливающихся ПС на основе прессованной древесины не уделялось особого внимания по причине сложности известных технологических процессов их изготовления.

Во второй главе описаны методика исследований и разработанные устройства для их проведения, а также конструкции и технология изготовления СПС

Представлены разработанные конструкции и две технологические схемы получения СПС, позволяющие изготавливать разъемные и неразъемные подшипники скольжения (рис. 1).

Учитывая технологические особенности заготовок ТПД (влияние влажности и времени на степень их распрессовки) и стандартные размеры заменяемых сферических ПК, разработана справочная таблица параметров внутренних и наружных колец СПС, самосмазывающейся втулки ТПД и технологической оснастки для перепрессовки согнутой втулки в корпус ПС.

В качестве объекта исследования была выбрана технология изготовления ПС на основе древесины торцово-прессового деформирования. Для обоснования выбора породы исследовалась древесина кольцесосудистых (дуб, ясень), рассеяно-сосудистых (берёза, граб, клён) и хвойных (сосна) пород.

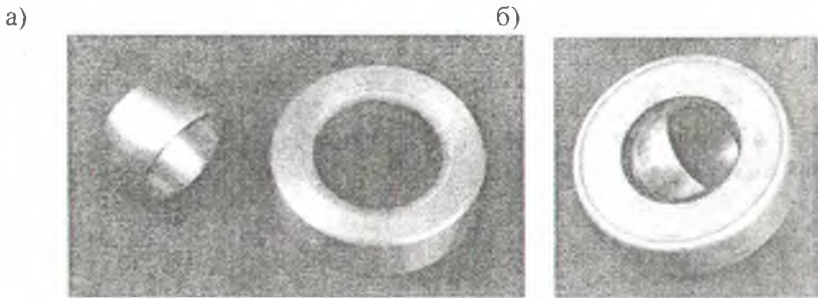


Рис. 1. Самоустанавливающиеся подшипники скольжения: разъемный (а) и неразъемный (б)

Было установлено, что наилучшими качествами обладает древесина берёзы, имеющая достаточно высокие механические свойства и равномерно-распределенную по всему объёму капиллярно-сосудистую систему. Кроме того, она наиболее распространена на территории Республики Беларусь.

Модифицирование древесины осуществляли путём её пропитки смазкой с присадками высокомолекулярных синтетических соединений. Нами разработано и изготовлено устройство для пропитки (рис. 2), обеспечивающее получение заданных температур в течение определённого времени и предотвращающее налипание модифицирующих добавок на поверхности тепловых электрических нагревателей (ТЭНов).

Устройство для пропитки состоит из двух ванн: наружной 1, наполненной трансформаторным маслом, и расположенной в ней внутренней ванны 2, заполненной пропиточным составом (модифицированным минеральным маслом), в который погружаются решётчатые контейнеры 3 с испытуемыми образцами 10. Температура в ваннах поддерживается электрическими тэнами 9, расположенными между днищами ванн. Во внутренней ванне установлен термопреобразователь 6, который передаёт сигнал на аналого-цифровой преобразователь 5,

считывающий и преобразующий сигнал в цифровой. Между днищами установлена термопара 8, с которой считывается сигнал регулятором 7, поддерживающим необходимую температуру.

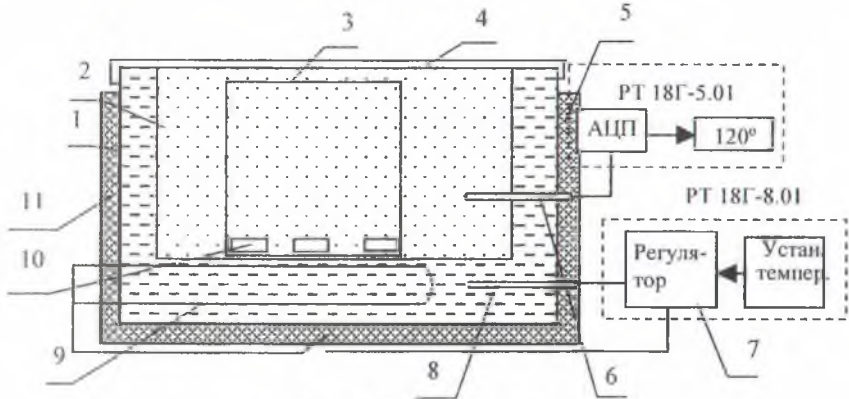


Рис. 2. Ванна для пропитки

Конструкция ванны позволяет снизить энергозатраты на нагрев пропиточного состава и поддержание его температуры в заданных пределах за счет теплоизоляционного 11 и масляного слоя, а также крышки 4, уменьшающих скорость охлаждения.

Исследуемые материалы на основе древесины изготавливали торцово-прессовым деформированием с последующей допрессовкой через переходные конуса в металлические обоймы. ТПД осуществляли при помощи разработанного и изготовленного устройства торцового гнутья.

Изучение морфологии древесины до и после ТПД, а также после триботехнических испытаний осуществляли на научно-исследовательском микроскопе NU-2.

Триботехнические испытания проводились с использованием машин трения МИ-1М, по схеме “вал – частичный вкладыш” и на разработанном и изготовленном стенде для испытания СПС, позволившем оценить влияние перекоса валов на эксплуатационные свойства подшипников.

Изучение механизма ТПД осуществлялось при помощи полнофакторного планирования эксперимента. Построение регрессионных уравнений и статистическую обработку результатов исследований

проводили на IBM-486 с помощью пакетов программ Statistika™, Mathcad™, Mathematika™.

В третьей главе представлены данные экспериментальных исследований и анализ технологии изготовления самоустанавливающегося подшипника скольжения.

Технология изготовления СПС включает в себя следующие последовательные или совмещённые операции: торцово-прессовое деформирование древесного вкладыша, высокотемпературную пропитку СПС (совмещённую с сушкой) и механическую обработку поверхностей трения.

Учитывая многофакторность технологического процесса ТПД, для его изучения использовали теорию математического планирования эксперимента, в частности, с применением полно-факторного планирования.

Влияния породы древесины и геометрических размеров заготовок на усилие ТПД исследовали на разработанной опытной установке. В качестве образцов использовали заготовки из древесины берёзы, дуба, граба, сосны, ясеня и клёна.

Установлено, что берёза, граб, сосна и клён поддаются качественному деформированию без предварительной влаготермообработки.

При деформировании дуба возникают трещины, сколы и идёт разрушение образцов, поэтому их необходимо предварительно пропаривать.

Древесина ясеня вообще не поддается ТПД. Разрушение идёт по годовым кольцам как без влаготермообработки, так и после неё. ТПД заготовок из сосны показали, что данная древесина деформируется относительно хорошо только в радиальном направлении. Однако использование сердцевины вызывает затруднения, т.к. в ней появляются трещины. Наилучшим образом поддаются ТПД заготовки из берёзы и клёна. При их деформировании не замечено возникновения трещин и сколов. Однако, вследствие не распространённости клёна на территории РБ, предпочтение отдано берёзе.

Выяснено, что наибольшие усилия возникают при ТПД клёна и граба (рис. 3) и при степени прессования $\epsilon = 40\%$ примерно в 1,2 раза выше, чем у берёзы и в 2 раза выше, чем у сосны. На основе изложенной в работе методики, предполагающей системный анализ объекта исследования, постановки активного эксперимента с применением многофакторного планирования, статистической

обработки его результатов, были получены регрессионные модели усилия ТПД для древесины следующих пород:

клена и граба

$$F(X_L; X_{CH}; X_H) = 12332,7 + 3,4X_L + 355,4X_{CH} + 483,3X_H - 2,1X_LX_{CH} - 8,9X_LX_H + 68,1X_{CH}X_H - 3,4X_LX_{CH}X_H;$$

сосны

$$F(X_L; X_{CH}; X_H) = 501,8 - 2,8X_L + 118,3X_{CH} + 331,4X_H - 1,4X_LX_{CH} - 2,8X_LX_H + 79,8X_{CH}X_H + 4,1X_LX_{CH}X_H;$$

березы

$$F(X_L; X_{CH}; X_H) = 941,2 + 3,4X_L + 310,1X_{CH} + 458,6X_H - 3,4X_LX_{CH} - 18,6X_LX_H + 157,4X_{CH}X_H - 24,1X_LX_{CH}X_H,$$

где X_L , X_H , X_{CH} – соответственно длина, ширина и высота карточки, м.

Проверка моделей на адекватность путём сравнения экспериментальных и расчётных значений по средней ошибке свидетельствует о корректности описания ими усилия процесса торцово-прессового деформирования древесины, что даёт право обоснованно решать задачу получения втулок с заданными свойствами.

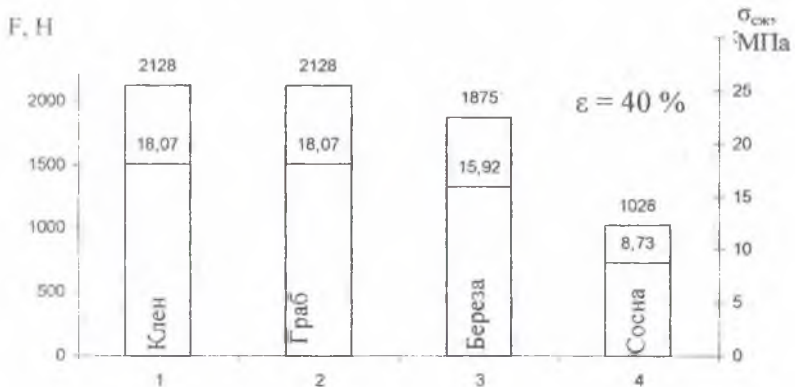


Рис. 3. Усилия ТПД различных пород влажностью 10%

Установлено, что в процессе пропитки СПС при высоких температурах происходит одновременно и удаление из вкладышей связанной влаги, обуславливающей их усушку. Показано, что при этом с

увеличением температуры сокращается продолжительность образования зазоров при пропитке (рис.4, а), как и при сушке в печах (рис.4,б).

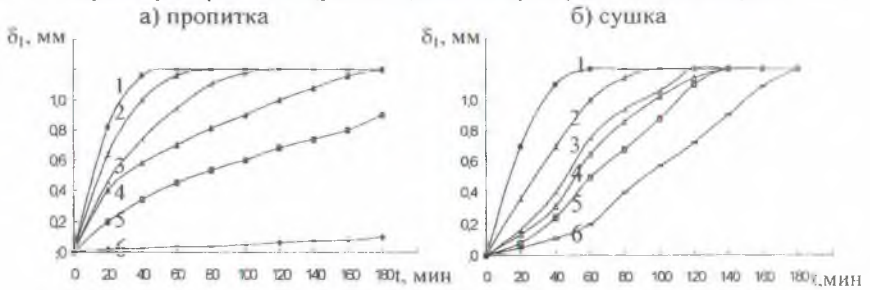


Рис. 4. Зависимость образования зазоров в стыке сторон согнутой заготовки во втулку по внутреннему δ_1 диаметру ($d=20.1$ мм) от продолжительности пропитки (а) и сушки (б) °С при постоянных температурах: 1-140, 2-130, 3-120, 4-110, 5-100, 6-90

Количество впитанной смазки при повышении температур уменьшается (рис. 5, а). Однако в действительности одновременно с пропиткой происходит и удаление связанной влаги, увеличивающейся с повышением температуры, как и при сушке (рис.5, б).

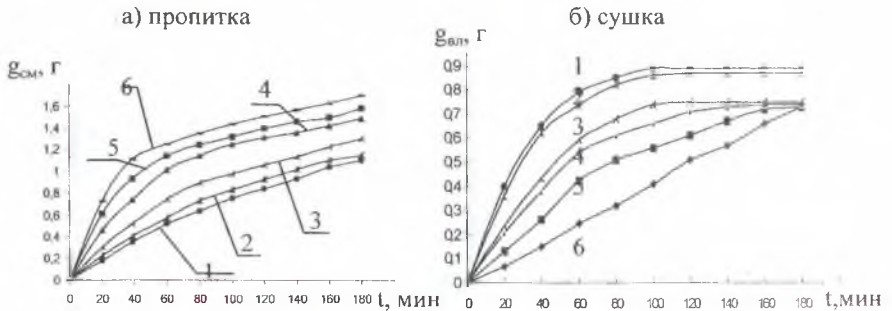


Рис. 5. Зависимость количества впитанной смазки образцами от продолжительности пропитки (а) и количество десорбированной влаги образцами ($d=20.1$ мм) в процессе сушки (б) при постоянных температурах °С: 1-140, 2-130, 3-120, 4-110, 5-100, 6-90

Следовательно, здесь имеет место влияние удаляемой связанной влаги $g_{вл}$ на реальное количество впитанной смазки $g_{см}^д$, которая определяется по формуле:

$$g_{см}^д = G_{пр} - G, \quad (1)$$

$$g_{см}^д = g_{см} + g_{вл}, \quad (2)$$

$$g_{вл} = G W / 100, \quad (3)$$

где $G_{пр}$ – масса образца после пропитки;

G – масса образца до пропитки;

W – влажность древесины до пропитки.

Пропитка происходит наиболее быстро в течении 30-60 мин. при температуре 90-110 °С (таблица 1), однако при этой температуре наблюдается медленное образование зазора (рис.4 а, б) вследствие минимального удаления связанной влаги. Установлено, что совмещение сушки и пропитки в 2.5-3 раза ускоряет технологический процесс получения втулок.

Таблица 1.

Реальное количество впитанной смазки в зависимости от температуры и продолжительности пропитки

Продолжительность пропитки t , мин	Количество впитанной смазки $g_{см}$, г					
	Температура пропитки, °С					
	140	130	120	110	100	90
30	0,81	0,82	0,74	0,88	0,97	1,02
60	1,28	1,33	1,23	1,53	1,56	1,48
90	1,55	1,58	1,57	1,84	1,82	1,72
120	1,71	1,77	1,77	2,02	2,0	1,92

Приведен расчет гарантированного натяга втулки ТПД в корпусе, исходя из условия передачи требуемых усилий с учетом разности коэффициента термического расширения сопрягаемых деталей. В общей форме натяг рассчитывается по следующей зависимости:

$$N = N_1 + N_2. \quad (4)$$

где N_1 – номинальный натяг, м;

N_2 – натяг от воздействия температуры; м.

По известной величине натяга рассчитаны размеры компенсаторов, устанавливаемых в стыке сторон заготовки после пропитки.

Размер компенсатора рассчитывается по формуле

$$\delta_2 = 2(\delta_1 + l_N), \quad (5)$$

где δ_1 – величина, образовавшегося зазора после пропитки по внутреннему диаметру втулки;

l_N – длина компенсатора, обеспечивающая натяг вкладыша в корпусе подшипника.

Число «2» указывает на необходимую степень уплотнения по внутреннему диаметру древесной втулки ($\epsilon = 50\%$).

Механическая обработка поверхностей трения СПС осуществляется при помощи комбинированных фрез, позволяющих обрабатывать одновременно внутреннюю и торцовую поверхности древесной втулки ТПД. Для получения внутренней сферической поверхности используются фасонные резцы.

Четвёртая глава посвящена триботехническим исследованиям подшипников скольжения.

Установлено, что наименьшим коэффициентом трения обладают СПС из прессованной модифицированной древесины сосны, наибольшим – берёзы при температуре в зоне трения $T = 110^\circ\text{C}$ (рис.6,а). В порядке уменьшения значений материалы расположились следующим образом: берёза– 0,099, дуб– 0,088, клён– 0,079 и сосна– 0,077.

Наибольшие нагрузки воспринимают ПС из древесины дуба и клёна, и оно равно 4 МПа, а из древесины берёзы и сосны воспринимают давление до 3,5 МПа.

Определено, что износ модифицированной прессованной древесины сосны, значительно выше, чем других пород и составляет $22,1 \cdot 10^{-6}$ г/м (рис. 6, б).

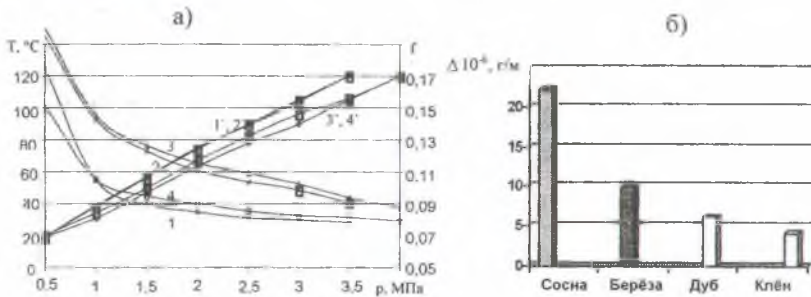


Рис. 6. Зависимость коэффициента трения f (1, 2, 3, 4) и температуры T (1', 2', 3', 4') от давления p (а) и износ Δ различных пород древесины (б): 1,1'-сосна; 2,2'-берёза; 3,3'-дуб; 4,4'-клён

Исследовано влияние твёрдости и шероховатости контактной поверхности внутренней стальной втулки (вала) на величину износа

СПС. Установлено, что с уменьшением чистоты поверхности и твердости вала износ его и СПС увеличивается.

Установлено, что наименьший износ при низком коэффициенте трения у материала из древесины клена, но он является дефицитным из-за малой его распространенности в РБ. Поэтому, в целях сохранения экологии нашей республики применение его в производстве СПС не рекомендуется. СПС из древесины березы по своим триботехническим характеристикам незначительно отличаются от СПС из клена, и в тоже время запасы березы достаточны для промышленного их изготовления.

В пятой главе приведены результаты внедрения научных исследований в практику. Были разработаны технологические режимы получения СПС в производственных условиях и организовано промышленное изготовление их. СПС испытывались в узлах трения, эксплуатирующихся в условиях воздействия абразивно-агрессивных сред. Производственные испытания СПС, изготовленных методом ТПД, проводили в узлах трения следующих агрегатов и механизмов: подвески борона дисковой тяжелой (БДТ – 7.0, БДТ – 3.5), поддерживающей звездочки элеватора картофелекопалки (КТН 2Б, КСТ –2), катка агрегата комбинированного широкозахватного (АКШ –7.2), механизма кривошипной шайбы привода ножа травяной жатки КСК 100, навозоразбрасывателей РОУ-6, а также роликового транспортера звеньевого путеукладчика. Испытания показали, что узлы трения с СПС успешно работают в машинах и механизмах сельского хозяйства, эксплуатируются в воздушно-влажной среде при большой концентрации земляной пыли и песка. При этом их долговечность в 2-3 раза выше долговечности традиционных узлов трения с применением ПК.

При определении экономической эффективности использования крупногабаритных самоустанавливающихся подшипников на основе древесины ТПД учитывались следующие факторы: себестоимость изготовления одного изделия (Z_1 и Z_2), срок службы (T_1 и T_2), доля отчислений на реновацию изделия (P_1 и P_2), нормативный коэффициент экономической эффективности (E_n) и годовой объем производства (A).

Расчет годового экономического эффекта от внедрения производится по формуле:

$$\Xi = \left(Z_1 \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \frac{(I_1 - I_2) - E_n(K_2 - K_1)}{P_2 + E_n} - Z_2 \right) \cdot A$$

Внедрение созданных крупногабаритных СПС позволило получить экономический эффект более 21 млн. руб. за 2001 год.

Разработанные технологические режимы получения СПС используются на Гомельском подшипниковом заводе и опытном производстве ОДО “Элмис и Ко”.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенных научных и конструкторских разработок создана и запатентована конструкция самоустанавливающихся подшипников скольжения, работающих в абразивно-агрессивных средах и при перекосе валов до 2-3°, что позволило увеличить долговечность узлов трения в 2-3 раза. Разработана не имеющая аналогов технология изготовления крупногабаритных (разъемных и не разъемных) СПС из секторов древесины торцово-прессового деформирования[4,5,7,10,12,13].

2. На основе экспериментальных данных получена регрессионная модель параметров ТПД, позволяющая определить влияние породы древесины и геометрических размеров заготовок на усилие торцово-прессового деформирования. Микроструктурными и триботехническими исследованиями установлено, что наилучшим материалом, применяемым для производства СПС, является древесина березы и клена[2,11,14].

3. Установлено, что наиболее быстрое заполнение сосудисто-капиллярной системы смазочным материалом производится при температурах 130-140°C, в течении 40-60 минут, при этом происходит удаление связанной влаги и образование максимального зазора в стыке сторон секторов. Показано, что придание стабильности размерам древесной втулки обеспечивается за счет установки в стыке сторон заготовки компенсаторов. Обоснованы и теоретически рассчитаны их размеры, обеспечивающие гарантированный натяг в соединении. Разработана конструкция энергосберегающего устройства для пропитки СПС, обеспечивающего постоянство заданной температуры и исключающее налипание модифицирующих веществ на тепловые электрические нагреватели. Для снижения энергоёмкости технологического процесса получения стабильных по размерам СПС сушка и пропитка совмещены[2,3].

4. Выявлено негативное влияние удаляемой гигроскопической влаги древесины на степень пропитки и предложена методика

определения реального количества впитанной смазки. Установлено, что количество десорбированной влаги при повышении температуры увеличивается, так при $T = 90^{\circ}\text{C}$ полное удаление связанной влаги происходит в течении нескольких суток, а при $T = 140^{\circ}\text{C}$ – за 40-60 минут. Показано, что реальное количество впитанной смазки определяется суммированием удаленной связанной влаги и впитанного древесной втулкой смазочного материала [3].

5. Изучено влияние шероховатости поверхности пары трения сталь 45 – древесина берёзы на коэффициент трения, давление, температуру в контактной зоне и износ трущихся поверхностей. Установлено, что с повышением чистоты поверхности в исследованных пределах у закаленных роликов уменьшается коэффициент трения, снижается износ трущихся поверхностей и увеличивается нагрузочная способность. Определено влияние породы древесины на характеристики СПС.

6. В результате экспериментальных исследований и опытно-промышленной проверки работоспособности СПС разработаны и внедрены в производство технологические режимы и оборудование для пропитки и ТПД древесины, позволяющее выпускать 120-150 подшипников в смену. Изделия прошли опытно-промышленную проверку в узлах трения сельскохозяйственных и путевых машин. Эксплуатационные испытания СПС в узлах трения механизма кривошипной шайбы привода ножа травяной жатки КСК-100 и бороны дисковой тяжелой БДТ-7 показали, что они превосходят в 2.5-3 раза по долговечности сферические подшипники качения. Экономический эффект от внедрения результатов исследований на ОДО «ЭЛМИС и Ко» составил 21,05 млн. руб. в ценах 2001 г. [1, 6, 8, 9].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Моисеенко В.Л., Врублевский В.Б., Бочкарев Д.И., Довгяло В.А., Невзорова А.Б. Производственные испытания подшипников скольжения на основе древесины в узлах трения роликовых транспортеров звеньевых путеукладчиков // Вестник БелГУТа. – 2000. – №2. – С. 32-35.

2. Моисеенко В.Л., Невзорова А.Б. Стабилизация размеров цилиндрической оболочки из природных композиционных материалов для самоцентрирующихся подшипников скольжения / БелГУТ, Гомель, 2001.-17 с.- Деп. в ВИНТИ 15.01.01. №144-В2001 // Изв. НАН Беларуси, серия физико-технических наук.-2001. – №2 - С. 144.

3. Моисеенко В.Л., Невзорова А.Б., Врублевская В.И. Исследование процесса усушки древесины в подшипниках скольжения // Материалы, технологии, инструмент. – 2001. – №4. – С. 81-85.

4. Невзорова А.Б., Моисеенко В.Л., Врублевская В.И. Особенности конструкции и технологии изготовления самоцентрирующихся подшипников скольжения // Вестник БГПА. – 2002.- №1. – С.24-26.

5. Врублевская В.И., Моисеенко В.Л. Механическая обработка сферической поверхности вкладыша для самоустанавливающего подшипника скольжения // Машиностроение. – Мн., 2002. – Вып. 18. – С. 352-354.

6. Моисеенко В.Л., Врублевский В.Б., Бочкарев Д.И. Применение подшипников из самосмазывающихся материалов в узлах трения звеньевого путеукладчика // Актуальные проблемы развития транспортных систем: Тр. Международной научно-технической конференции / Бел.ж.д.-БелГУТ.- Гомель, 1998. – С. 136.

7. Моисеенко В.Л., Врублевский В.Б., Невзорова А.Б. Экологически чистая технология производства новых подшипников скольжения // Экология и молодежь: Тр. международной научно-технической конференции / Бел.ж.д.-БелГУТ.- Гомель, 1999.– С. 169.

8. Врублевская В.И., Моисеенко В.Л., Бочкарев Д.И. Повышение надежности узлов трения звеньевого путеукладчика // Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: Тр. Международной научно-технической конференции / Полоцкий гос.ун-т. - Новополоцк, 1999. - С.107-108.

9. Моисеенко В.Л., Невзорова А.Б. Повышение надежности узлов трения рычажных механизмов // Проблемы безопасности на транс-

порте: Тр. Международной научно-технической конференции.- Гомель: БелГУТ, 2000. – С. 148.

10. Моисеенко В.Л., Невзорова А.Б. Экологически чистая технология изготовления подшипников скольжения // Проблемы безопасности на транспорте: Тр Международной научно-технической конференции.- Гомель: БелГУТ, 1997. – С. 34.

11. Моисеенко В.Л., Врублевская В.И., Суторьма И.И. Математическое моделирование процесса пропитки древесных втулок самосмазывающихся подшипников скольжения // Актуальные проблемы развития транспортных систем и строительного комплекса: Тр Международной научно-технической конференции.- Гомель: БелГУТ, 2001. - С. 84-85.

12. Моисеенко В.Л., Врублевская В.И., Невзорова А.Б. Износостойкие самоустанавливающиеся подшипники скольжения, особенности конструирования и изготовления //Материалы международной научно-технической конференции. – Минск: БГПА, 2002. – С. 43.

13. Пат. 162 ВУ, UF 16 С 27/02, F 16 с 33/04. Сферический подшипник скольжения самоустанавливающийся / Невзорова А. Б., Моисеенко В. Л., Врублевский В. Б. - №u19990134. Заявл. 17.12.1999. . Оpubл. 30. 09. 2000 // Афіцыйны бюлетэнь / Респ. Беларусь. – 2000. – №3. – С. 166.

14. Пат. 329 С 1 ВУ, G 01 M13/04. Стенд для испытания самосмазывающихся подшипников скольжения / Невзорова А.Б., Врублевская В.И., Моисеенко В.Л., Врублевский В.Б., Довгяло В.А. - №u 20010018. Заявл. 29.01.01. Оpubл. 30. 09. 2001 // Афіцыйны бюлетэнь / Респ. Беларусь. – 2001. – №3. – С. 188-189.

РЭЗЮМЭ

Маісеенка Уладзімір Леанідавіч

Стварэнне самаўстаноўленых падшыпнікаў слізгання на аснове прасаванай драўніны і тэхналогіі іх вырабу

Ключавыя словы: самаўстаноўлены падшыпнік слізгання, прасаваная драўніна, дэфармаванне, прамочванне, змазачны матэрыял, тэхналогія, нагрузка, каэфіцыент трэння, тэхналагічная аснастка, абсталяванне.

Аб'екты даследвання – канструкцыі самаўстаноўленых падшыпнікаў слізгання (СПС) і тэхналогія іх атрымання з прасаванай драўніны метадам тарцова-прасаванага дэфармавання; прадметам даследавання з'яўляюцца працэсы, якія адбываюцца пры тарцова-прасаваным дэфармаванні і прамочванні, і фактары, што ўплываюць на гэтыя працэсы, а таксама трыбатэхнічныя ўласцівасці СПС.

Мэта працы – распрацаваць СПС з прасаванай мадыфікаванай драўніны і стварэнне тэхналагічных асноў іх вырабу, дазваляючых павялічыць даўгавечнасць вузлоў трэння машын і механізмаў.

У працы выкарыстоўвалі метады электроннай мікраскапіі, статыстычнага аналізу, дынамаметр, вільгаметр, машына трэння MI-1M і выпрабавальны стэнд, вагі ВЛР-200, профіламетр “Калібр» (мад. 170621).

Распрацавана тэхналогія вырабу самаўстаноўленых раздымных і нераздымных падшыпнікаў слізгання з прасаванай, мадыфікаванай драўніны.

Упершыню атрыманы эксперыментальныя данныя аб асаблівасцях тарцова-прасаванага дэфармавання розных парод драўніны, што вызначаюць выбар пароды з улікам іх трыбатэхнічных характарыстык. На аснове тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў атрымана рэгрэсійная мадэль залежнасці намагання тарцова-прасаванага дэфармавання ўтулак ад геаметрычных памераў нарыхтовак і пароды драўніны.

Прапанаваны метады эксперыментальнага вызначэння рэальнай колькасці ўвабранага змазачнага матэрыялу драўнінай пры высокатэмпературным прамочванні ўкладыша СПС.

Распрацаваная канструкцыя СПС і стэнд для правядзення трыбатэхнічных выпрабаванняў абаронены патэнтам Рэспублікі Беларусь.

РЕЗЮМЕ

Моисеенко Владимир Леонидович

Создание самоустанавливающихся подшипников скольжения на основе прессованной древесины и технологии их изготовления

Ключевые слова: самоустанавливающийся подшипник скольжения, прессованная древесина, деформирование, пропитка, смазочный материал, технология, нагрузка, коэффициент трения, технологическая оснастка, оборудование.

Объекты исследования – конструкции самоустанавливающихся подшипников скольжения (СПС) и технология их получения из прессованной древесины методом торцово-прессового деформирования; предметом исследования – процессы, протекающие при торцово-прессовом деформировании и пропитке, и факторы, влияющие на эти процессы, а также триботехнические свойства СПС.

Цель работы - разработка СПС из прессованной модифицированной древесины и создание технологических основ их производства, позволяющих повысить долговечность узлов трения машин и механизмов.

В работе использовали методы электронной микроскопии, статического анализа, динамометр, влагомер, машина трения МИ-1М и испытательный стенд, весы ВЛР-200, профилометр «Калибр» (мод. 170621).

Разработана технология изготовления самоустанавливающихся разъемных и неразъемных подшипников скольжения из прессованной модифицированной древесины.

Впервые получены экспериментальные данные об особенностях торцово-прессового деформирования различных пород древесины, определяющие выбор породы с учетом их триботехнических характеристик. На основе теоретических и экспериментальных исследований получена регрессионная модель зависимости усилия торцово-прессового деформирования втулок от геометрических размеров заготовок и породы древесины.

Предложен метод экспериментального определения реального количества впитанного смазочного материала древесиной при высокотемпературной пропитке вкладыша СПС.

Разработанная конструкция СПС и стенд для проведения триботехнических испытаний защищены патентом Республики Беларусь.

SUMMARY

Moiseenko Vladimir Leonidovich

Creation of the self-lubricating plain bearings on the basis of forced wood and the technology of them manufacturing

Key-words: self-setting plain bearing, forced wood, deformation, saturation, lubricating material, technology, pressure, friction coefficient, technological rigging, equipment.

Objects of research construction of the SSPB and the technology of them manufacturing on the basis of forced wood by the wood face forced deformation method. Subject of research – processes which take places during the face forced deformation and saturation and factors, which influence for these processes and the tribotechnical properties of the SSPB.

Purpose of works desire of the self-setting self-lubricating plain bearing (SSPB) on the basis of forced wood and creating the technological basis of them manufacturing for increasing the service life of friction units of machines and mechanisms.

In the work there were used the methods of the electronic microscope, statistic analysis, dynamometer, moisture gage, friction machine SMT-1M and the test stand, scales VLR-200, profilemeter “Kalibr” (mod. 170621).

Designed the technology of the self-setting connecting and disconnecting plain, bearings manufacturing on the basis of the forced modifying wood.

For the first time it was developed the experimental dates of the face deformation peculiarities of the different breeds of wood, which determine the choice of wood taking into consideration them tribotechnical properties. On the ground of theoretic and experimental researches designed the regression model of depending the pressure of shells of a bearings face forced deformation for the geometrical dimensions and the breed of wood.

Suggested the method of experimental decision of the lubricating material quantity, which accumulation by wood during high temperature saturation of the SSPB shell.

The designed construction of SSPB and for the tribotechnical testing is patented in the Republic of Belarus.

Подписано в печать 26.08.2002 г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная № 1. Усл. п. л. 1,16. Тираж 80 экз. Зак. 1648.

Типография БелГУта, 246022, г. Гомель, ул. Кирова, 34.
Лицензия ЛП № 360 от 26.07.99 г.