

УДК 674.812

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ ТОРЦОВО-ПРЕССОВОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ САМОСМАЗЫВАЮЩИХСЯ

*д-р техн. наук, проф. В.И. ВРУБЛЕВСКАЯ, В.В. МАКЕЕВ,  
д-р техн. наук, проф. А.Б. НЕВЗОРОВА  
(Белорусский государственный университет транспорта, Гомель)*

*Рассматривается процесс пропитки древесины торцово-прессового деформирования при производстве подшипников скольжения самосмазывающихся. Представлены разработанные технологические рекомендации по повышению степени наполнения древесины торцово-прессового деформирования при производстве подшипников скольжения самосмазывающихся (ПСС). Показаны два этапа исследования процесса пропитки древесных вкладышей торцово-прессового деформирования.*

*Выполненные экспериментальные исследования позволили обосновать и предложить режимы применения способа горячее-холодных ванн (термоконтрастная пропитка) для повышения степени наполнения смазочным материалом древесных вкладышей и повысить качество производимых ПСС всех типоразмеров.*

**Введение.** Одна из важнейших проблем управления качеством производства подшипников скольжения с применением антифрикционного самосмазывающегося материала на основе прессованной древесины – разработка эффективных методов ее модифицирования, т.е. обеспечения совокупности повышенных по сравнению с необработанной древесиной физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств, таких как низкий коэффициент трения, повышенная износостойкость и теплопроводность, формоустойчивость при работе во влажных средах и других.

Модифицирование древесины реализуется посредством двух основных процессов: прессования и пропитки [1].

Для производства подшипников скольжения самосмазывающихся в настоящее время применяется торцово-прессовое деформирование древесины березы во вкладыш с последующей перепрессовкой его через конический приемник в корпус подшипника. В результате проведения этих операций достигается максимально возможная степень прессования:

- по поверхности трения (внутренней поверхности вкладыша) –  $\varepsilon = 48...52\%$ ;
- по наружной –  $\varepsilon = 5...15\%$  [2].

Пропитку древесного вкладыша осуществляют смазочным материалом (СМ) на основе минерального масла с высокомолекулярной полимерной присадкой. В процессе трения под действием механических напряжений и тепла, генерируемого в контактной зоне, происходит деструкция полимера с образованием свободных радикалов, способных вступать в прямые химические реакции с окисной поверхностью металла, образуя адсорбционный граничный смазочный слой органических макромолекул. Этот слой также эффективно разделяет сопряженные поверхности трения, экранируя их [3].

Несмотря на существующие многочисленные способы пропитки древесины (горячей и горяче-холодных ванн; пропитка в вакууме и под давлением; в ультразвуковом поле и др. [1]) с целью глубокого заполнения ее капиллярно-пористой системы различными антисептиками применительно к специфической технологии производства ПСС до настоящего времени применялся лишь способ горячей ванны, реализующий принцип капиллярной пропитки. Было предложено насыщать капиллярно-пористую систему древесины загущенным смазочным материалом при температуре 130 °С в течение 50 минут [4]. При нагревании вязкость СМ снижается с 513 до 66 мм<sup>2</sup>/с, и он легко проникает в капиллярно-пористую систему древесины. После пропитки заготовки остывают на воздухе, и СМ загустевает в объеме древесины.

На основе этих исследований были предложены режимы пропитки древесных вкладышей в процессе производства ПСС, согласно которому влажность древесных вкладышей ( $W$ ) перед процессом пропитки составляла  $17 \pm 2\%$ . Такое значение  $W$  необходимо для успешного выполнения операции торцово-прессового деформирования древесины. В проведенных исследованиях анализировалась величина зазора, образующегося в стыке сторон древесного вкладыша в зависимости от времени пропитки при постоянной температуре. Однако расчет степени наполнения древесного вкладыша СМ произведен не был, что не позволило оценить эффективность используемого способа и обосновать целесообразность его применения. Кроме того, осталась неисследованной зависимость степени наполнения древесины от толщины заготовки вдоль волокон.

**Цель работы** – обосновать и предложить способ повышения степени наполнения древесины торцово-прессового деформирования смазочным материалом; исследовать зависимость степени наполнения древесного вкладыша от его толщины вдоль волокон.

**Методика исследований.** Исследование процесса пропитки древесных вкладышей торцово-прессового деформирования осуществлялось в два этапа.

Целью *первого этапа* явилось обоснование применения способа термоконтрастных ванн в технологическом процессе производства ПСС как наиболее простого и эффективного метода, применяемого для пропитки СМ. Для этого в качестве объектов исследования выбраны вкладыши из древесины торцово-прессового деформирования толщиной вдоль волокон 7 мм, запрессованные в промежуточные стальные цилиндрические оправки и высушенные в термошкафу при температуре  $50 \pm 5$  °С до влажности комнатно-сухой древесины ( $W = 7 \pm 2$  %). Образцы помещались в горячую ванну ( $t = 130 \pm 2$  °С) со СМ на основе минерального масла с высокомолекулярной полимерной присадкой [3, с. 79], массовая концентрация которой составляла 3 %, и выдерживались в ней согласно [4] 50 минут. Затем одна партия образцов остывала на воздухе, а другая – в ванне с холодным СМ ( $t = 20 \pm 3$  °С), концентрация присадки в котором составляла 0,5 %. Уровень СМ в этом случае над древесиной был равен глубине погруженных образцов, а вязкость составляла 176 мм<sup>2</sup>/с.

На *втором этапе* исследовалась зависимость степени наполнения древесины от толщины заготовок вдоль волокон при использовании способа термоконтрастных ванн. В качестве объектов были выбраны образцы березы толщиной 5, 7, 10, 11, 12, 13 мм. Они запрессовывались в промежуточные стальные цилиндрические оправки, в которых проходила их пропитка. Степень наполнения контролировалась массовым методом на лабораторных электронных весах ВСТ-600/10.

За оценочный показатель величины наполнения древесины смазочным материалом и критерий сравнительной оценки была принята степень наполнения ( $i$ ), определяемая отношением массы поглощенного смазочного материала ( $m_{\text{нап}} - m_{\text{исх}}$ ) к массе исходного (непропитанного) образца древесины ( $m_{\text{исх}}$ ):

$$i = \frac{m_{\text{нап}} - m_{\text{исх}}}{m_{\text{исх}}} \cdot 100 \% . \quad (1)$$

Расчет действительного количества поглощенного смазочного материала ( $g_{\text{см}}$ ) с учетом начальной влажности древесного вкладыша производился по формуле (2):

$$g_{\text{см}} = m_{\text{нап}} - m_{\text{исх}} \left( 1 - \frac{W}{100} \right), \quad (2)$$

где  $m_{\text{нап}}$  – масса древесного вкладыша после пропитки, кг;  $W$  – влажность древесного вкладыша до пропитки, %.

В результате торцово-прессового деформирования древесного вкладыша и перепрессовки его через конический приемник объем полостей капиллярно-пористой системы древесины березы, которые может заполнить СМ, уменьшается в 1,5 раза – с 55 % до 37 %

**Обсуждение результатов.** Анализируя результаты проведенных исследований зависимости степени наполнения капиллярно-пористой системы древесины СМ от времени (рис. 1), установлено:

- при нахождении образцов в течение 30 минут в пропиточной ванне со СМ при температуре 130 °С степень наполнения ( $i$ ) составила 7 % и в течение следующих 20 минут она не повышалась;
- при последующем помещении этих образцов в ванну с холодным СМ степень наполнения ( $i$ ) значительно возрастает и достигает 32 % в течение 10 минут, т.е. увеличивается в 2,5 раза;
- образцы, остывавшие на воздухе, после одного часа незначительно увеличили свою массу, по-видимому, за счет поглощения влаги из окружающего воздуха.

Установлено, что при использовании способа термоконтрастных ванн для одинаковых образцов масса впитанного смазочного материала ( $g_{\text{см}}$ ) составила 6,43 г. Это в 2,4 раза больше в сравнении с использованием метода горячей ванны, при котором масса впитанного СМ равна 2,7 г.

Низкая степень пропитки ( $i = 7$  %) при использовании способа горячей ванны объясняется тем, что воздух и паровоздушная смесь, расширяясь, создают противодействие в капиллярно-пористой системе и препятствуют проникновению СМ вглубь древесины. При последующем остывании древесины в холодной ванне происходит сжатие воздуха, образуется вакуум. Освободившийся объем заполняется холодным СМ, который проникает в древесину под действием атмосферного давления [5] и происходит значительное увеличение степени наполнения. Это происходит за счет заполнения капиллярно-пористой си-

стемы древесины СМ. Он интенсивно выделяется в зону трения в период приработки, способствуя сокращению его длительности. Дополнительный СМ повышает теплопроводность модифицированной древесины и интенсифицирует теплоотвод из зоны трения.

Проведенные в течение 48 часов исследования по изучению водопоглощения древесных вкладышей показали:

- масса образцов, пропитанных способом горячих ванн, увеличилась на 6 %;
- при использовании способа горяче-холодных ванн масса образцов увеличилась на 0,3 %.

Усиление гидрофобности древесного вкладыша ПСС позволит обеспечить его формоустойчивость при длительном хранении во влажных условиях.

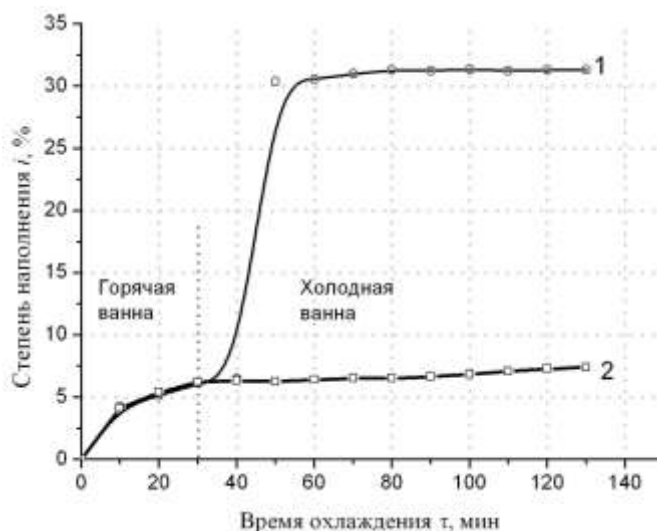


Рис. 1. Зависимость степени наполнения древесины от времени охлаждения при различных способах пропитки: 1 – метод горяче-холодных ванн; 2 – метод горячей ванны

Анализ графиков, полученных в результате проведения второго этапа исследования (рис. 2), свидетельствует, что степень наполнения образцов ( $i$ ) в горячей ванне в зависимости от их толщины ( $h$ ) составляет 5...10 %. При последующем погружении их в ванну с холодным СМ степень наполнения образцов увеличивается до 22...36 % в течение первых 10...15 минут в зависимости от толщины вдоль волокна и составляет 36 % при  $h = 5$  мм.

Достижение таких высоких значений  $i$  может объясняться тем, что толщина заготовки сопоставима с длиной сосудов и капилляров древесины березы – с увеличением толщины степень наполнения ( $i$ ) уменьшается и при  $h = 13$  мм составляет 22 %. При дальнейшем нахождении в ванне с холодным СМ степень наполнения образцов остается неизменной.

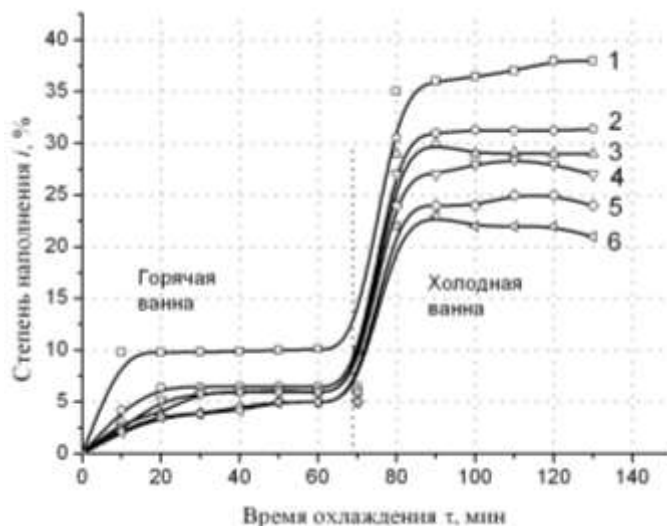


Рис. 2. Зависимость степени наполнения смазочным материалом древесных вкладышей различной толщины от продолжительности нахождения в термоконтрастных ваннах:

1 – древесный вкладыш толщиной 5 мм; 2 – 7 мм; 3 – 10 мм; 4 – 11 мм; 5 – 12 мм; 6 – 13 мм

Неполное насыщение смазочным материалом капиллярно-пористой системы древесины в образцах толщиной более 5 мм объясняется, по видимому, тем, что смазочному материалу для глубокого заполнения древесины необходимо проникать от одних капилляров к другим, длина которых составляет 0,7...1,6 мм, через поры в клеточных стенках, часть из которых закрыта мембранами. Для дальнейшего повышения значения степени наполнения ( $i$ ) капиллярно-пористой системы древесины необходимо применять специальные способы: пропитка под давлением, вакуумная пропитка и др.

В ходе выполнения исследований производился расчет по формуле (2) [6] максимального объема пустот ( $V$ ), которые могут заполняться СМ в древесине в расчете на единицу ее массы при влажности  $W$ :

$$V = \frac{1}{\rho_w} - \frac{1}{1 + 0,01W} \left( \frac{1}{\rho_{д.в.}} + \frac{W}{100\rho_e} \right), \quad (2)$$

где  $\rho_w$  – плотность древесины при влажности  $W$ , г/см<sup>3</sup>;  $\rho_{д.в.}$  – плотность древесного вещества, г/см<sup>3</sup>;  $\rho_e$  – средняя плотность связанной и свободной воды, г/см<sup>3</sup>;  $W$  – заданная влажность древесины, %.

При  $\rho_7 = 0,629$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_{17} = 0,65$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_{д.в.} = 1,530$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_e = 1,0$  г/см<sup>3</sup> для  $W = 7$  % и  $W = 17$  % получаем  $V = 0,92$  см<sup>3</sup>/г и  $V = 0,84$  см<sup>3</sup>/г соответственно ( $\rho_7$  – плотность древесины при влажности 7 %;  $\rho_{17}$  – плотность древесины при влажности 17 %).

Расчеты показывают, что связанная влага уменьшает свободный объем полостей в древесине. Так при увеличении влажности в 2,5 раза свободный объем полостей уменьшается на 9 %. Кроме того, эта влага является причиной формонеустойчивости древесного вкладыша в готовом ПСС. В процессе хранения или эксплуатации влажность древесного вкладыша может изменяться, а вместе с ней и его геометрические размеры, что приводит к снижению качества подшипника.

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлено: в рамках технологического процесса изготовления ПСС целесообразно пропитывать древесные вкладыши, влажность которых превышает 15 % в связи с уменьшением степени наполнения их СМ. Поэтому необходимо проводить предварительную сушку древесных вкладышей одним из известных методов (конвекционная, СВЧ и др.).

Выполненные экспериментальные исследования позволили:

- разработать технологические рекомендации по повышению степени наполнения древесины торцово-прессового деформирования при производстве ПСС в 4...5 раз ( $i = 22...36$  %) в сравнении с существующей технологией ( $i = 5...7$  %);
- уменьшить водопоглощение древесного вкладыша в 20 раз;
- повысить качество производимых ПСС всех типоразмеров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белый, В.А. Древесно-полимерные конструкционные материалы и изделия / В.А. Белый, В.И. Врублевская, Б.И. Купчинов; под ред. В.А. Белого. – Минск: Наука и техника, 1980. – 280 с.
2. Врублевский, В.Б. Исследование процесса торцово-прессового деформирования древесины и создание высокопроизводительного оборудования для изготовления подшипников скольжения: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / В.Б. Врублевский. – Минск, 2001. – 135 с.
3. Врублевская, В.И. Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них / В.И. Врублевская, А.Б. Невзорова, В.Б. Врублевский. – Гомель, 2000. – 324 с.
4. Моисеенко, В.Л. Создание самоустанавливающихся подшипников скольжения на основе прессованной древесины и технологии их изготовления: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / В.Л. Моисеенко. – Минск, 2002. – 120 с.
5. Ломакин, А.Д. Защита древесины и древесных материалов / А.Д. Ломакин. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 256 с.
6. Сиротенко, Л.Д. Прогнозирование и химико-технологическое обеспечение свойств модифицированной древесины / Л.Д. Сиротенко, А.М. Ханов // Деревообрабатывающая промышленность. – 1996. – № 2. – С. 5 – 8.

Поступила 22.12.2006