

ПРОПИТОЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Д.А. Паринов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, 394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8

dmitryparinov@mail.ru

При изготовлении деталей трения из прессованной древесины для снижения коэффициента трения и увеличения износостойкости в древесине должно находиться 7...9 % от массы сухой древесины антифрикционной смазки, состоящей из маслянистой основы (минеральное масло, солидол, парафин, церезин и т. д.) с добавками наночастиц графита и дисульфида молибдена. Если содержание смазки в деревянном подшипнике менее 7 %, коэффициент трения увеличивается в несколько раз. При содержании смазки более 9 % коэффициент трения не уменьшается, но снижаются прочность и износостойкость, так как смазка является пластификатором и размягчает древесину. Недостатком всех известных способов пропитки древесины является то, что они не позволяют получить концентрацию маслянистой жидкости менее 40 % по отношению к массе сухой древесины, в древесину движется чистая жидкость без растворителя. Если использовать растворитель, возникает трудноразрешимая проблема — удаление растворителя из древесины. Преимуществом предложенного автором способа пропитки является возможность вводить антифрикционные маслянистые составы в древесину в малых количествах без применения растворителей с равномерным распределением смазки по всему объему заготовки. Это позволяет получать подшипники скольжения с коэффициентом трения 0,05 и линейным износом $1,12 \cdot 10^{-9}$. Проводились экспериментальные исследования на установке для пропитки древесины с торца под давлением аэрозольным способом. Эксперименты доказали, что можно ввести в древесину жидкую и консистентную смазку в состоянии аэрозоля при равномерном ее распределении по заготовке длиной 800 мм, при этом концентрация смазки в заготовке составляет от 2 до 12 %, с разбросом по длине до 1,5 %.

Ключевые слова: древесина, пропитка, аэрозоль, установка, антифрикционные составы, самосмазка

Ссылка для цитирования: Паринов Д.А. Пропиточная установка для повышения антифрикционных свойств конструкционного материала на основе модифицированной древесины // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 4. С. 95–100. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-4-95-100

Прессованная древесина используется в узлах трения как конструкционный материал для изготовления подшипников скольжения, втулок, вкладышей в различных машинах и механизмах. Одним из условий надежной работы узлов трения и долговечности подшипников из прессованной древесины является наличие смазочного материала, уменьшающего коэффициент трения и позволяющего работать на самосмазке.

Область применения деревянных подшипников скольжения — узлы трения подъемно-транспортного оборудования, насосы, дорожно-строительные машины, сельхозмашины. В подъемных кранах различных систем — мостовых, консольных, кранбалках — используют втулки и вкладыши, изготовленные из прессованной древесины. Предприятия, внедрившие прессованную древесину в узлах различных видов кранов, это: Воронежский завод КПО им. Калинина, Лысьвенский металлургический завод, Славянский завод «Строймаш» и др. На предприятиях цементной промышленности и железобетонных конструкций используются узлы трения конвейеров, транспортеров, шнеков, роулангов. Внедрили прессованную древесину в узлы трения своего оборудования «Воронежсельмаш», ТЭЦ-1, СК, ЖБИ-1 и др. В узлах

трения насосов и компрессоров Бутурлиновского маслозавода (Воронежская область), Ждановского коксохимического завода используются вкладыши из прессованной древесины.

Воронежский завод им. Калинина, Славянский завод «Строймаш» применяют деревянные узлы трения кузнечно-прессового оборудования, работающего при ударных нагрузках.

Анализ научно-исследовательских работ, производственных испытаний свидетельствует о высокой работоспособности прессованной древесины, работающей на самосмазке. Успешно прошли испытания подшипники скольжения из прессованной древесины, пропитанные чистым минеральным маслом МС-20, которые применяли вместо шарикоподшипников № 204, работающих на открытом воздухе в условиях абразивной среды (песок, бой стекла, доломит). Опытно-промышленной проверкой установлено, что срок службы подшипников из антифрикционной прессованной древесины (АПД) превысил срок службы шарикоподшипников в 2–3 раза, при этом стоимость подшипников из АПД в 3 раза меньше [1, 2].

Основным достоинством прессованной древесины является способность работать на самосмаз-

ке, что обеспечивает низкий коэффициент трения при пуске и остановке механизмов. Подшипники скольжения самосмазывающиеся различают: по виду рабочей поверхности (цилиндрические, сферические, конические), по конструкционному исполнению (с внутренним кольцом, без него), по воспринимаемой нагрузке (радиальные, радиально-упорные) [3].

Смазку вводят непосредственно в узел трения. Существующие технологии пропитки прессованной древесины позволяют вводить смазочный материал в готовый подшипник скольжения. В процессе трения из подшипника выделяется необходимое для работы узла количество смазки. К данным технологиям относятся пропитка маслом методом горяче-холодных ванн и пропитка в автоклаве. Эти способы применимы только к уже готовым изделиям (деталям трения) из прессованной древесины.

В настоящее время появилась возможность введения смазочного материала непосредственно в заготовку древесины перед прессованием. Это способ аэрозольной пропитки под давлением. Его преимущества в том, что смазочный материал вводят в натуральную древесину до прессования, тем самым обеспечивая более полную и качественную пропитку [4, 5].

Процесс пропитки является плохо контролируемым и неприменим для древесины плотностью 1200 кг/м^3 и выше. Пропитка натуральной древесины проще, однако существующие способы и установки не позволяют дозированно вводить смазку в древесину. Введение смазки в малых количествах (3...10%) с равномерным распределением по всему сечению заготовки ранее было невозможно. Цель настоящей работы — создание способа и конструкции установки для введения смазки в натуральную древесину в виде аэрозоля [6]. Древесина является сложным капиллярно-пористым материалом, поэтому введение аэрозоля возможно лишь на специально сконструированной установке, схема которой приведена на рис. 1.

Особенность конструкции промышленной установки в том, что 16 заготовок древесины размером $80 \times 80 \times 700 \text{ мм}$ одновременно пропитываются аэрозольной смесью масла и воздуха до необходимой степени содержания масла в древесине (до 10...12% от массы сухой древесины).

Аэрозольная установка состоит из станины, на которой закреплены две плиты (подвижная и неподвижная) для обеспечения герметичного закрепления с торцов 16 заготовок за счет гидросистемы. К торцам заготовок со стороны неподвижной

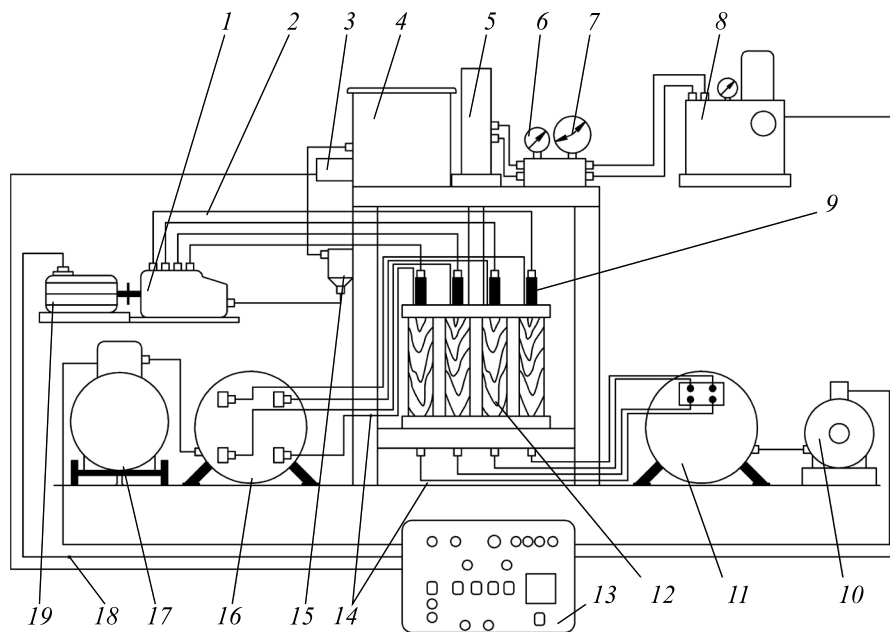


Рис. 1. Аэрозольная установка для пропитки древесины: 1 — топливный насос высокого давления (ТНВД); 2 — трубопровод; 3 — теплоэлектронагревательные элементы; 4 — бак для пропитывающего раствора; 5 — гидроцилиндр; 6 — манометр контроля давления прижима; 7 — электроконтактный манометр; 8 — гидростанция; 9 — форсунки; 10 — вакуумный насос; 11 — ресивер для вакуума; 12 — образцы древесины; 13 — пульт управления; 14 — пневмошланги; 15 — фильтр; 16 — ресивер для давления; 17 — пневмокомпрессор; 18 — электропровод; 19 — электродвигатель для ТНВД

Fig. 1. Aerosol plant for impregnating wood: 1 — high-pressure fuel pump (fuel pump); 2 — pipeline; 3 — heat-electric heating elements; 4 — tank for impregnating solution; 5 — the hydrocylinder; 6 — pressure gauge for pressure control; 7 — electrocontact manometer; 8 — hydroelectric station; 9 — injectors; 10 — the vacuum pump; 11 — receiver for vacuum; 12 — samples of wood; 13 — the control panel; 14 — pneumatic hoses; 15 — the filter; 16 — receiver for pressure; 17 — pneumocompressor; 18 — electric wire; 19 — electric motor for injection pump

плиты через пневмоклапаны от распределителя подводится аэрозоль, который получен в форсунках при помощи топливного насоса высокого давления. С другой стороны к торцам подведен вакуум через анализаторы контроля масловоздушной смеси, которые при достижении требуемой степени пропитки заготовки отключают пневмоклапан со стороны нагнетания смеси. Основные параметры и характеристики установки представлены в таблице [7].

Конструкция обеспечивает:

- сквозную пропитку заготовок до содержания смазки 12 % от массы сухой древесины;
- удобство в работе, эксплуатации и обслуживании;
- экологическую чистоту производства.

Т а б л и ц а

Основные параметры установки
Basic installation parameters

Наименование параметров	Данные
Тип	Стационарный
Размер заготовок	80×80×700 мм
Количество заготовок	16
Давление аэрозоли	1,0–1,5 МПа
Вакуум	80 кПа
Потребляемая мощность	3,0 кВт
Потребляемое напряжение	380 В
Длительность операции	25 мин
Габариты	2400×770×2000 мм
Масса установки	800 кг
Гарантийный срок	12 мес
Температура вспышки пропитывающей	Не ниже 80 °С
Температура эксплуатации	+15...+400 °С

Испытания по пропитке брусков в аэрозольной установке проводятся по следующей методике. Березовые бруски размером 80×80×700 мм в количестве 16 шт., с влажностью 5...8 %, прогретые до температуры 70 ± 50 °С, устанавливаются в ячейки пресс-формы. Для герметизации верхнего и ниж-

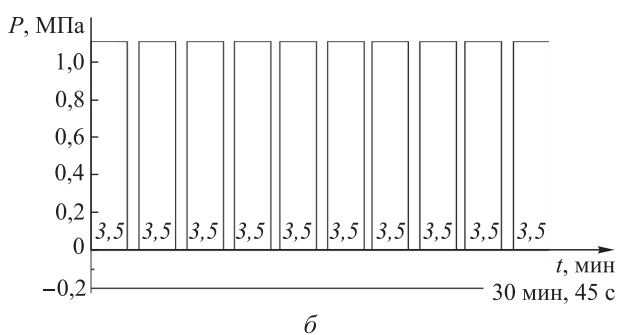
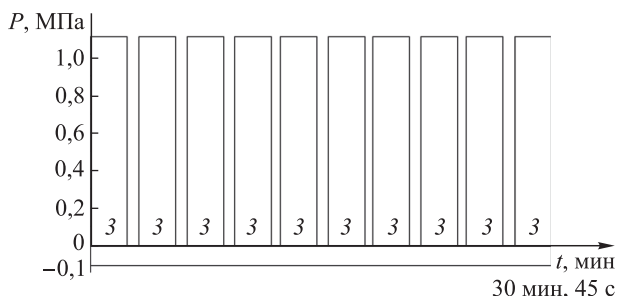


Рис. 2. Циклограммы аэрозольной пропитки березовых брусков: а — бруски без видимых пороков; б — с сучками до 20 % объема бруска или имеющие косослой [10, 11]

Fig. 2. Cyclograms of aerosol impregnation of birch bars: а — without defects; б — with knots up to 20 % of the bar volume or having an oblique layer [10, 11]

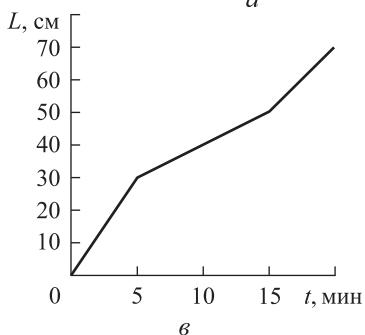
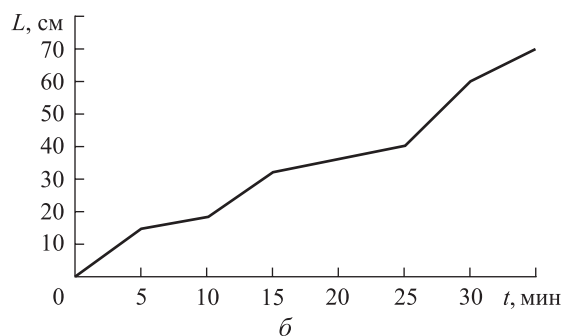
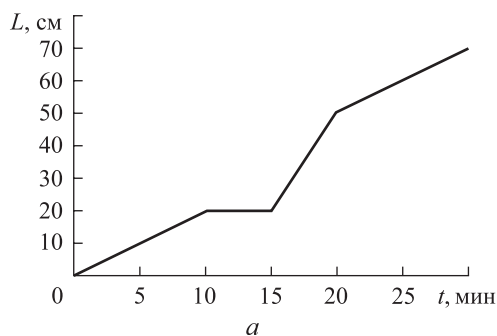


Рис. 3. Заполнения маслом брусков: а — без пороков; б — с косослоем; в — с сучками до 20 % объема бруска

Fig. 3. Curves fill the oil bar: а — without defects; б — with a slant; в — with knots up to 20 % of bar volume

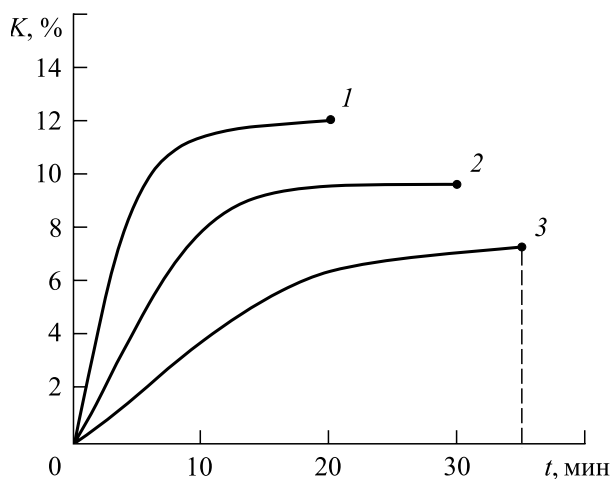
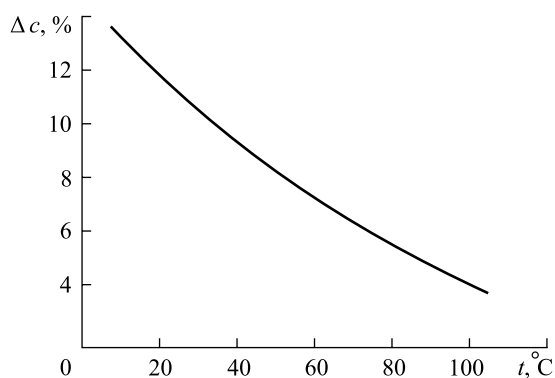


Рис. 4. Содержание масла в брусках после пропитки: 1 — бруски без пороков; 2 — бруски с сучками до 20 % объема; 3 — бруски с косослоем

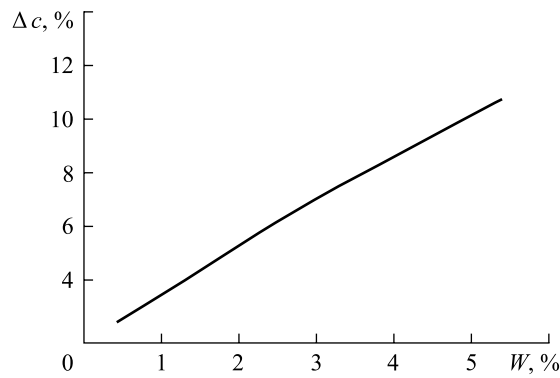
Fig. 4. Curves showing the oil content in bars after impregnation: 1 — bars without defects; 2 — bars with knots up to 20 % of volume; 3 — bars with cross-bed

него торца бруска используется гидросистема высокого давления, при этом происходит вдавливание торцов брусков в конусообразные ячейки и уплотнение их по периметру. Каждая ячейка системой трубопроводов подключена к ресиверам: верхние через форсунки трубопроводами на ТНВД, нижние к вакуумному ресиверу. Аэрозоль создается в ячейке под давлением за счет ТНВД, форсунок и компрессора. При включении в начале пропитки происходит открытие вакуумного клапана и создание вакуума в каждой нижней ячейке. На протяжении всего цикла поддерживается разрежение 80 кПа за счет вакуумного насоса, который подключен к ресиверу и работает в автоматическом режиме [6].

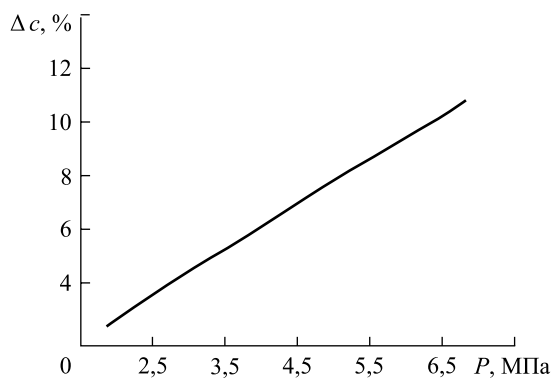
Подача аэрозоля осуществляется в верхние ячейки циклически, за счет ТНВД и форсунок, установленных на каждой ячейке, от ресивера посредством пневмоклапанов. После завершения операции по пропитке выключаются все пневмоклапаны и включаются гидросистема, происходит размыкание пресс-формы и бруски извлекаются из



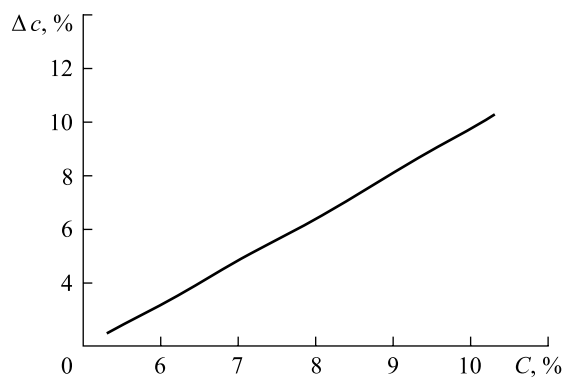
a



b



б



г

Рис. 5. Зависимость содержания смазки в древесине Δс, % от различных факторов: а — температуры t, °С; б — давления P, МПа; в — влажности W, %; г — содержания модификатора в древесине C, %.

Fig. 5. Technological parameters of the plant: a — the dependence of the lubricant content in the wood (Δс, %) on the temperature t, °С; б — the dependence of the lubricant content in the wood (Δс, %) on the pressure P, МПа; в — the dependence of the lubricant content in the wood (Δс, %) on humidity W, %; г — the dependence of the lubricant content in the wood (Δс, %) on the content of the modifier in the wood C, %.

установки. Процент пропитки брусков определяется путем выборочного взвешивания [8, 9].

На рис. 2 представлены циклограммы аэрозольной пропитки березовых брусков по опытным режимам, предварительно подобранным на лабораторной установке.

Чтобы определить время, необходимое для аэрозольной пропитки во время пропитки, для каждой группы брусков, измеряли равномерность заполнения маслом бруска по всей длине. Для этого через каждые пять минут установку останавливали, выбирали три бруска и по длине бруска высверливали насквозь отверстия диаметром 3,5 мм, шупом контролировали присутствие масла. На рис. 3 представлены кривые заполнения брусков маслом [9].

Когда найдено время пропитки для каждой группы брусков и был рассмотрен процесс заполнения маслом всей длины бруска, необходимо определить содержание масла в древесине после пропитки.

Для этого отбирали по три бруска из каждой группы и весовым методом определяли процент содержания масла в бруске. Результаты замеров представлены на рис. 4. Технологические параметры работы установки приведены на рис. 5 [12].

Выводы

1. Разработанная и апробированная конструкция пропиточной установки позволяет вводить в древесину жидкую и консистентную смазку в виде аэрозоля с равномерным распределением ее по всему сечению заготовки на длину до 800 мм.

2. Технологические режимы пропитки обеспечивают введение смазки в концентрации от 2 до 12 % с разбросом по длине не более 1,5 %.

Список литературы

[1] Паринов Д.А., Шамаев В.А. Технология пропитки древесины на аэрозольной установке // Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе: сб. науч. статей Первых Международных Лыковских научных чтений, посвя-

щенных 105-летию академика А.В. Лыкова. Москва, 22–23 сентября 2015. М.; Курск: Университетская книга, 2015. С. 314–316.

- [2] Чаадаев А.Е. Теоретические аспекты пропитки древесины под давлением. Научно-теоретический прогресс в деревообрабатывающей отрасли // ЦЧЭР: Тез. докл. науч. конф. Воронеж, 1900. 80 с.
- [3] Шамаев В.А. Модификация древесины: учебн. пособие. Воронеж: ВГЛТА, 2008. 396 с.
- [4] Невзорова А.Б. Подшипники скольжения самосмазывающиеся на основе модифицированной древесины (теория, технология и практика). Гомель: БелГУТ, 2011. С. 61–95.
- [5] Невзорова А.Б. Теоретические основы и технология механотрансформации древесины. Гомель: БелГУТ, 2003. С. 110–115.
- [6] Dong Y., Yan Y., Zhang S., Li J. Wood polymer nanocomposites prepared by impregnation with furfuryl alcohol and Nano-SiO₂, *BioResources*, 2014, v. 9, iss. 4, pp. 6028–6040.
- [7] Шамаев В.А., Смоляков А.И., Смирнов П.А. Прессованная древесина в машиностроении: справочник. Воронеж: ВГЛТА, 2005. 92 с.
- [8] Drapalyuk M.V., Popikov P.I., Yudin R.V., Fomin A.A., Chernukhin R.V. Modeling the Digging Process of Tree Root System by the Mechanism with Hydropulse Drive. VII International Scientific Practical Conference «Innovative Technologies in Engineering» IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 142, no. 1. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090.
- [9] Lahtela V., Kärki T. Improving the UV and water-resistance properties of Scots pine (*Pinus sylvestris*) with impregnation modifiers. *European Journal of Wood and Wood Products / Holz als Roh und Werkstoff*, 2014, v. 72, iss. 4, pp. 445–452.
- [10] Fomin A.A., Gusev V.G., Yudin R.V., Timerbaev N.F., Retyunakiy O.Y. Mechanical Treatment of Raw Waste Lumber an Effective Way to Preserve the Ecology and Resources. VII International Scientific Practical Conference «Innovative Technologies in Engineering» IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 142, no. 1. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090.
- [11] Kielmann, B.C., Adamopoulos, S., Militz, H., Koch, G., Mai, C. Modification of three hardwoods with an N-methylol melamine compound and a metal-complex dye, *Wood Science and Technology*, 2014, v. 48, iss. 1, pp. 123–136.
- [12] Zhang, M.X., Huang, J.W., Wang, N.Y. Modification of pine-wood / formaldehyde-urea resin composites using electron-beam radiation, *Applied Mechanics and Materials*, 2014, v. 454, pp. 187–189.

Сведения об авторах

Паринов Дмитрий Александрович — Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, dmitryparinov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 18.08.2017 г.

IMPREGNATING UNIT FOR INCREASING THE ANTI-FRICTION PROPERTIES OF STRUCTURAL MATERIAL BASED ON MODIFIED WOOD

D.A. Parinov

Voronezh State Forestry Engineering University Named after G.F. Morozov, 394087, Voronezh, Timiryazev Str., 8
dmitryparinov@mail.ru

In the manufacture of friction parts molded timber to reduce friction coefficient and increasing the wear resistance of the wood should be 7...9 % by weight of dry wood antifriction composition consisting of an oily base (mineral oil, grease, paraffin, ceresin, etc.) with additives nanoparticles of graphite and molybdenum disulfide. If the grease content of the wooden bearing of less than 7 % of the coefficient of friction is increased by several times. When the lubricant content of more than 9 % of the friction coefficient is not reduced, but the reduced strength and wear resistance, as Grease is a plasticizer and softens the wood. A disadvantage of all known methods of impregnating wood is that they do not allow to obtain an oil concentration of less than 40 % by weight of dry wood, as a clean liquid timber moves without solvent. If a solvent is used, there is a tough problem of removing the solvent timber and the method becomes unsuitable for practical implementation. The advantage of this impregnation method is that it allows to introduce in the compositions antifriction oily wood in small quantities without the use of solvents with a uniform distribution of lubricant over the entire volume of the preform. This allows bearings with friction coefficient of 0,05, and the linear depreciation of $1,12 \cdot 10^{-9}$. We are conducting a pilot study on the installation of wood impregnation under pressure from the end of the aerosol method. Experiments have proven that it is possible to introduce liquid into the timber and the grease in an aerosol state with a uniform distribution of its preform length 800 mm, and the grease concentration in the preform is from 2 to 12 %, with a range in length up to 1,5 %.

Keywords: wood, impregnation, spray, installation, antifriction compounds, self-lubricating

Suggested citation: Parinov D.A. *Propitochnaya ustanovka dlya povysheniya antifriktsionnykh svoystv konstruktsionnogo materiala na osnove modifitsirovannoy drevesiny* [Impregnating unit for increasing the antifriction properties of structural material based on modified wood]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, vol. 21, no. 4, pp. 95–100. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-4-95-100

References

- [1] Parinov D.A., Shamayev V.A. Tekhnologiya propitki drevesiny na aerosol'noy ustanovke [Technology of impregnation of wood on an aerosol installation] Aktual'nyye problemy sushki i termovlazhnostnoy obrabotki materialov v razlichnykh otraslyakh promyshlennosti i agropromyshlennom komplekse. Sbornik nauchnykh statey Pervykh Mezhdunarodnykh Lykovskikh nauchnykh chteniy, posvyashchennykh 105-letiyu akademika A.V. Lykova Moskva, 22–23 sentyabrya 2015 g. [Actual problems of drying and termovlazhnostnoy processing materials in various industries and agro-industrial complex: Sat. sci. articles of the First International Lykov scientific readings dedicated to the 105th anniversary of Academician A.V. Lykov. Moscow, September 22–23, 2015], Moscow; Kursk: Universitetskaya kniga publ., 2015. pp. 314–316.
- [2] Chaadayev A.E. Teoreticheskiye aspekty propitki drevesiny pod davleniyem [Theoretical aspects of impregnation of wood under pressure. Scientific and theoretical progress in the woodworking industry] Nauchno teoreticheskiy progress v derevobrabatvyayushchey otrasli [Scientific and theoretical progress in the woodworking industry]. TSCHER: Tez. dokl. nauch. konf. [TSCHER: Tez. doc. sci. Conf.]. Voronezh, 1900, 80 p.
- [3] Shamayev V.A. Modifikatsiya drevesiny [Wood modification]. Voronezh: VGLTA publ., 2008, 396 p.
- [4] Nevzorova A.B. Podshipniki skol'zheniya samosmazvyayushchiesya na osnove modifitsirovannoy drevesiny (teoriya, tekhnologiya i praktika) [Sliding bearings self-lubricated based on modified wood (theory, technology and practice)]. Gomel': BelGUT publ., 2011, pp. 61–95.
- [5] Nevzorova A.B. Teoreticheskiye osnovy i tekhnologiya mekhanotransformatsii drevesiny [Theoretical foundations and technology of mechanotransformation of wood]. Gomel': BelGUT publ., 2003, pp. 110–115.
- [6] Dong Y., Yan Y., Zhang S., Li J. Wood polymer nanocomposites prepared by impregnation with furfuryl alcohol and Nano-SiO₂, *BioResources*, 2014, v. 9, iss. 4, pp. 6028–6040.
- [7] Shamayev V.A., Smolyakov A.I., Smirnov P.A. Pressovannaya drevesina v mashinostroyenii [Pressed wood in mechanical engineering]. Voronezh: VGLTA publ., 2005, 92 p.
- [8] Drapalyuk M.V., Popikov P.I., Yudin R.V., Fomin A.A., Chernukhin R.V. Modeling the Digging Process of Tree Root System by the Mechanism with Hydropulse Drive. VII International Scientific Practical Conference «Innovative Technologies in Engineering» IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 142, no. 1. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090.
- [9] Lahtela V., Kärki T. Improving the UV and water-resistance properties of Scots pine (*Pinus sylvestris*) with impregnation modifiers. *European Journal of Wood and Wood Products / Holz als Roh und Werkstoff*, 2014, v. 72, iss. 4, pp. 445–452.
- [10] Fomin A.A., Gusev V.G., Yudin R.V., Timerbaev N.F., Retyunakiy O.Y. Mechanical Treatment of Raw Waste Lumber an Effective Way to Preserve the Ecology and Resources. VII International Scientific Practical Conference «Innovative Technologies in Engineering» IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 142, no. 1. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090.
- [11] Kielmann, B.C., Adamopoulos, S., Militz, H., Koch, G., Mai, C. Modification of three hardwoods with an N-methylol melamine compound and a metal-complex dye, *Wood Science and Technology*, 2014, v. 48, iss. 1, pp. 123–136.
- [12] Zhang, M.X., Huang, J.W., Wang, N.Y. Modification of pine-wood / formaldehyde-urea resin composites using electron-beam radiation, *Applied Mechanics and Materials*, 2014, v. 454, pp. 187–189.

Author's information

Parinov Dmitriy Aleksandrovich — Voronezh State Forestry Engineering University Named after G.F. Morozov, dmitryparinov@mail.ru

Received 18.08.2017