

МЕХАНОХИМИЧЕСКОЕ РАЗРУШЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Е. А. ПАМФИЛОВ, С. В. ЛУКАШОВ, Я. С. ПРОЗОРОВ

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Исследованы эксплуатационные условия, механизмы и закономерности изнашивания поверхностей деталей узлов трения стружечных станков. Зафиксирован сложный комплекс явлений в зоне трения ножевого вала (или ножевого барабана) и древесины, что свидетельствует о преобладании коррозионно-механического вида изнашивания. Установлено, что наиболее существенно на характер и интенсивность изнашивания влияют вода, карбоновые кислоты и полифенольные соединения. Механическая составляющая износа при трении о древесину обусловлена вовлечением диспергированных частиц износа в зону контакта, попаданием абразивных частиц (земля, песок и глина) вместе с обрабатываемой древесиной или попаданием этих частиц в сопряжения станка из окружающей среды. Выявлено влияние наводороживания поверхности на износостойкость материала деталей деревообрабатывающего оборудования. Проанализированы закономерности и механизмы изнашивания деталей узлов трения стружечных станков и сформулированы требования к выбору способа повышения износостойкости, а также теоретически обоснованы структурно-фазовый состав и физико-химические свойства поверхностного слоя рассмотренных деталей.

Ключевые слова: *узлы трения, древесина, карбоновые кислоты, полифенольные соединения, наводороживание, износостойкость.*

Технико-экономические показатели изготовления многих древесных композиционных материалов (расход древесного сырья и связующих, энергозатраты, качество производимой продукции) формируются уже на стадии производства основной составляющей композита – древесной стружки. Здесь широко используют стружечные станки различных типов, потеря работоспособности которых связана в основном с износом рабочих поверхностей деталей узлов трения – ножевого вала, стружечного барабана, ножедержателей и т.д.

Поэтому актуальна проблема выбора износостойких материалов и эффективной технологии упрочнения изнашивающихся поверхностей деталей узлов трения оборудования для производства стружки. Для ее решения необходимо определить основные факторы, влияющие на изнашивание, и выявить его закономерности.

Работоспособность стружечных станков определяют эксплуатационные и конструктивно-технологические факторы. К эксплуатационным относят кинематический режим работы, включающий скорости резания и подачи, толщину снимаемой стружки и ее равномерность, продолжительность акта резания и холостого пробега, направление резания по отношению к годовым слоям, особенности стружкообразования и удаления стружки из зоны резания; силовой, охватывающий характер приложения нагрузки, усилия надвигания, площадь контактной зоны, напряженно-деформированное состояние узлов станка, и термодинамический, включающий температуру окружающей среды, контактных поверхностей, сырья, а также тепловые явления в зоне взаимодействия.

Контактная osoba: Е. А. ПАМФИЛОВ, e-mail: pamfilov@bgita.ru

К конструктивно-технологическим можно отнести характеристики сырья для получения технологической стружки (порода древесины, прочность, плотность и другие физико-механические свойства, влажность и кислотность, наличие годичных слоев и пороков древесины, степень загрязненности); свойства узлов трения стружечных станков, т.е. конструктивное исполнение, геометрические параметры, материал и качественная характеристика рабочих поверхностей (структура и фазовый состав, микротвердость, остаточное напряженное состояние, пористость, микрогеометрические параметры), после изготовления, и упрочняющей обработки и доводки.

На основании результатов анализа основных физико-химических процессов для рассматриваемых узлов трения преобладающим признано коррозионно-механическое изнашивание, иначе называемое трибокоррозией [1–3]. Это поверхностное разрушение конструкционных и инструментальных материалов при совместном воздействии механических нагрузок и химических реакций с внешней средой, которое невозможно определить простым суммированием эффектов отдельных составляющих.

Механизм изнашивания рассматриваемых поверхностей можно представить как совокупность коррозионных процессов окисления (химического и электрохимического) и разупрочнения, разрыхления и разрушения поверхностей трения с параллельно протекающей газификацией поверхностных слоев.

Схему контактного взаимодействия рабочих поверхностей стальных деталей узлов трения и перерабатываемой древесины иллюстрирует рис. 1. Здесь изнашивание металлических поверхностей, фрикционно контактирующих с древесиной, включает три основных этапа: образование слоев оксидов на рабочих поверхностях деталей; механохимическое их разрушение; взаимодействие древесного сырья с формирующейся ювенильной поверхностью металла и его репассивация.

Рис. 1. Схема фрикционного контакта поверхности деталей узлов трения и древесины: 1 – исходный металл детали; 2 – древесина; 3 – оксидный слой; 4 – внешние абразивные частицы; 5 – диспергированные частицы материала детали; 6 – естественные абразивные частицы древесины; 7 – ювенильная поверхность металла; 8 – зоны коррозионного разрушения; 9 – области молизации водорода; 10 – агрессивная внешняя среда.

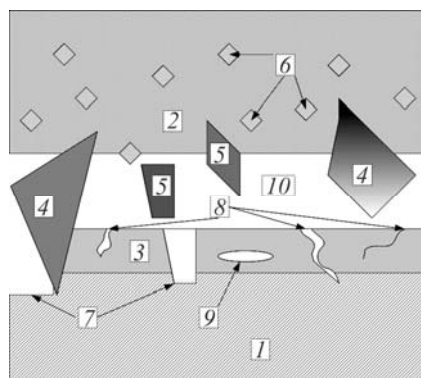


Fig. 1. Schematic representation of the frictional contact between the surface of the wood-working machinery parts and wood: 1 – initial metal; 2 – wood; 3 – oxide layer; 4 – outer abrasive particles; 5 – dispersed particles of the part material; 6 – natural abrasive particles of wood; 7 – juvenile metal surface; 8 – zone of corrosion damage; 9 – cavities with hydrogen; 10 – aggressive external environment.

Согласно схеме на поверхности металла (для изготовления деталей узлов трения стружечных станков используют стали 40, 40X и 45) изначально присутствует слой оксидов вследствие взаимодействия металла с кислородом воздуха. Он прочно связан с поверхностью металла и повторяет его топографию. Толщина оксидной пленки на железоуглеродистых сплавах $10^{-7} \dots 10^{-8}$ м. Она состоит из вюстита FeO (оксид железа (II)), магнетита Fe₃O₄ и гематита Fe₂O₃ (оксид железа (III)). Непосредственно к металлу примыкает вюстит FeO, далее следуют соединения Fe₃O₄ и Fe₂O₃. Соотношение толщин оксидов FeO:Fe₃O₄:Fe₂O₃ близко к 100:10:1 [4], а их свойства значительно отличаются от таковых металлической

основы. Пленки таких оксидов способны пассивировать и защищать поверхности рабочих органов от разрушения.

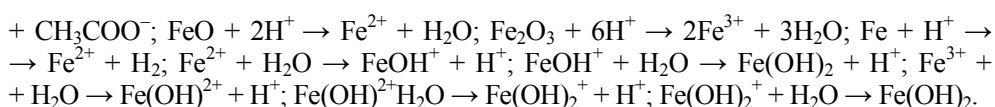
На втором этапе фрикционного контакта металла и древесины в результате сложного комплекса химических и механических воздействий защитная пленка разрушается, что и обуславливает изнашивание, механизм которого существенно зависит от условий внешнего влияния [5], при этом вклад химических и механических факторов вполне сопоставим. Отметим, что при изготовлении древесностружечных плит используют стружку следующих пород: 75...77% древесины лиственных пород и 23...25% хвойных, в том числе осины и ольхи более 50%, березы 25...29%, сосны и ели 20...25%.

Механизм изнашивания усугубляется тем, что при высоких давлениях и температурах в зоне фрикционного взаимодействия древесина может разлагаться. В начале этого процесса при температуре 100...150°C испаряется свободная влага, затем разлагаются гемицеллюлозы (275...300°C), а далее – древесное волокно (около 400°C), что сопровождается выделением кислот, спиртов и смол [1, 2]. Поэтому, помимо оксидов, на контактирующих поверхностях присутствуют адсорбированные слои химических соединений, образовавшихся при трибодеструкции древесины, в совокупности с полярными молекулами полимерных органических (свободных радикалов) и экстрактивных веществ. Как известно, наиболее ощутимо на характер и интенсивность изнашивания влияют вода, карбоновые кислоты и полифенольные соединения [6–9], выделяющиеся при контакте сталей с древесиной.

Вода в нужном количестве – основополагающий фактор для коррозионной реакции металла с древесиной. Влажность древесного сырья, применяемого в стружечных станках, не должна быть менее 65%, поскольку с ее снижением ухудшается качество стружки. Вода попадает на поверхность металла непосредственно из древесины при контакте или конденсируется из паров, выделяющихся из древесины, и активно адсорбируется поверхностными слоями металла. Водный раствор, содержащий ионы H^+ и OH^- , а также растворенный кислород O_2 и другие вещества, активизирует коррозию, которую можно описать так. Анодный процесс: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$. Катодный с водородной деполяризацией: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$. Катодный с кислородной деполяризацией: $2H_2O + O_2 + 4e^- \rightarrow 4OH^-$, $Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$.

Гидроксид железа (II) $Fe(OH)_2$ (белая ржавчина) образует на поверхности металла диффузионно-барьерный подслой, через который должен диффундировать кислород. На внешней поверхности оксидной пленки, доступной растворенному кислороду, гидроксид железа (II) окисляется в гидроксид железа (III) $Fe(OH)_3$ (бурая ржавчина): $4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4Fe(OH)_3$. Ржавчина, покрывающая металл рыхлым слоем, состоит из гидроксидов железа $nFe(OH)_2 \cdot mFe(OH)_3 \cdot gH_2O$, где n , m , g – целые числа. Она плохо сцеплена с металлической поверхностью, слабо защищает железо от коррозии и легко удаляется в результате механических воздействий непосредственно при эксплуатации деревообрабатывающих станков.

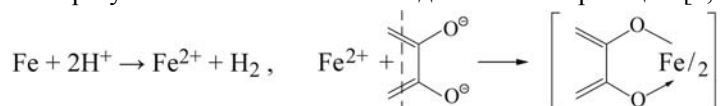
Этот процесс усиливают карбоновые кислоты. Химическое взаимодействие металла с продуктами деструкции древесины интенсифицируют эксплуатационные локальные повышенные температуры. Это связано с тем, что в этих условиях существенно возрастает скорость химических реакций, которые быстрее протекают в кислой среде, нежели в щелочной или нейтральной. Отметим, что pH пород древесины умеренных широт, используемых для переработки, находится в интервале от слабокислого до умеренно кислого (6,4...3,3), а кора, присутствовавшая в перерабатываемом сырье, дополнительно его снижает. Поэтому образовавшиеся при трибодеструкции древесины карбоновые кислоты (уксусная, муравьиная, пропионовая и некоторые другие) активно взаимодействуют с оксидной пленкой на поверхности детали, растворяя ее. Реакции, например уксусной кислоты с вюститом, магнетитом и железом, выглядят так: $CH_3COOH \rightleftharpoons H^+$



Кроме того, возрастание скорости коррозии металла с уменьшением pH обусловлено не только повышением скорости выделения водорода, но и облегченным доступом кислорода к поверхности металла вследствие растворения оксида, а следовательно, повышенной кислородной деполяризацией [3]. Катализаторами коррозионной активности могут быть также сульфаты и хлориды, обнаруженные в достаточном количестве в составе минеральных компонентов древесины. Также возможно формирование на поверхности детали микрогальванических пар между структурными составляющими инструментального материала, что вызывает межкристаллитную коррозию. В зоне фрикционного контакта “древесина–сталь” поверхности электризуются с образованием пьезо- и трибозарядов, а также токов нейтрализации и искровых микрозарядов [1, 2].

Химически активны при контакте с металлами также и полифенолы (пирокатехин и пирогаллол) и их производные (главным образом таннины), которые в больших количествах содержатся в древесине и коре ряда пород, хотя роль реакций железа с этими веществами в суммарном химическом износе менее важна, чем кислотных.

Полифенольные компоненты, имеющие смежные гидроксильные группы, способны к формированию с ионами металла стабильных веществ – хелатов, образующиеся в результате нескольких последовательных реакций [7, 9]:



Химическая реакционная способность древесного сырья определяется не только количеством органических кислот и полифенольных компонентов. Сравнивая уровень кислотности и содержание таннинов древесного экстракта и “синтетической” смеси, выявили, что коррозионная активность древесного экстракта на порядок выше, чем модельного раствора [9]. Таким образом, пара “древесина–сталь” взаимодействует по более сложному механизму. Установлено [8], что в зоне фрикционного контакта “древесина–сталь” присутствуют циклические металлоорганические соединения, образующиеся при взаимодействии гидроксидов железа с продуктами гидролиза целлюлозы.

Механическая составляющая износа при фрикционном контакте древесного сырья и металлических поверхностей деталей узлов трения обусловлена рядом факторов. Во-первых, попаданием в зону контакта частиц минеральных компонентов из почвы с недостаточно очищенной обрабатываемой древесиной, которые обладают зачастую высокой твердостью (по шкале Мооса): глинозем (оксид алюминия) – 9 единиц Мооса, кремнезем (диоксид кремния) – 7 единиц Мооса, что превышает твердость поверхности металла детали [4]. Во-вторых, попаданием абразивных частиц в сопряжения станка из окружающей среды, например из воздуха, в 1 м³ которого содержится от 0,04 до 5 г пыли, на 60...80% состоящей из взвешенных частиц минералов (кварц, корунд, оксиды и диоксиды кремния, соединения алюминия, кальция и других элементов). В-третьих, вовлечением диспергированных частиц износа, состоящих в основном из оксидов железа, в зону контакта. При твердости функциональных поверхностей деталей около 370 HV твердость вюстита 320 HV, магнетита 460 HV, гематита 1030 HV [10]. В-четвертых, влиянием естественных минеральных компонентов древесины, в первую очередь кремнезема. Однако содержание неорганических включений (SiO₂, K₂O, Na₂O, MgO, CaO и др.) в древесине пород умеренных широт, используемых для получения стружки, невелико, и поэтому их вклад в суммарный абразивный износ

незначителен [6, 8].

При нарушении сплошности окисного слоя открывается доступ к свободным от оксидов участкам поверхности металла, так называемой ювенильной поверхности, которая обладает высокой адсорбционной и химической активностью. Разрушение металла ювенильной поверхности при коррозионно-механическом изнашивании существенно зависит от амплитуды напряжений. При высоких амплитудах важным фактором становится наводороживание металла, при малых – анодное растворение [5].

Реакции взаимодействия агрессивной внешней среды с ювенильной поверхностью во многом подобны реакциям с оксидной пленкой, однако более интенсивны, а следовательно, приводят к более разрушительным эффектам. В целом взаимодействие ювенильной поверхности металла с древесным сырьем сопровождается интенсивной катодной водородной и кислородной деполяризацией, ускоряющей анодные процессы растворения металла дорожки трения и, соответственно, снижающей износостойкость деталей узлов трения.

Причиной износа рабочих поверхностей деталей тяжелых деревообрабатывающих станков является также насыщение их в результате различных процессов: водородом, кислородом, азотом и другими газами. Водород – наиболее агрессивный, поэтому наводороживание особенно опасно [11]. Установлено четыре основных источника наводороживания металлов [12, 13]: “биографический” водород, содержащийся в материале заготовок в объеме 2...10 см³/100 g; газообразный водород в атмосферном воздухе; водород, выделяющийся при химических реакциях в зоне трения. Источником его образования, а также некоторых других газов может быть частичный гидролиз полисахаридов древесины за счет паров воды и образующихся органических кислот при низкотемпературном разложении в некоторых условиях трения, преимущественно при переработке сплавной древесины и древесины с длительным хранением и неправильным режимом сушки. При определенных условиях молекулы газообразного водорода адсорбируются на поверхности металла, диссоциируют на ионы и проникают в металл. Кроме того, водород в виде ионов H⁺ всегда присутствует в водном растворе, а следовательно, в слабокислом древесном соке [1, 2].

Важную роль в наводороживании играет экзоелектронная эмиссия на ювенильной поверхности металла, которая приводит к тому, что электроны сольватируются на молекулах воды (или других водородсодержащих материалах) и разлагают их на кислород и водород благодаря туннельному эффекту, вызванному, в частности, волнообразным движением частиц. Вследствие этого химическая энергия, необходимая для протекания некоторых реакций (в том числе и выделения водорода), снижается на порядки.

Эмитированные из металла при трении электроны имеют первоначально избыточную энергию, которую быстро теряют, сталкиваясь с молекулами воды, а затем гидратируются или вступают в химическую реакцию с присутствующими акцепторами. В гидратированном состоянии электрон существует только одну миллисекунду, после чего молекула воды распадается на водород и гидроксильный ион: $e + H_2O \rightarrow OH + H$.

Обратная реакция практически никогда не протекает самопроизвольно. Из окислительно-восстановительных реакций, сопровождающих трение различных материалов с выделением водорода, приведенная выше наиболее производительная [14]. Кроме того, в хемосорбированных молекулах воды, координационно-связанных с поверхностью оксидов, в результате деформации ослабевают связи OH. При этом молекулы воды протонируются, а при повышенной температуре даже могут потерять протон и превратиться в OH-группы. Протонизация повышает кислотность воды. Адсорбированные по координационному механизму

протонизированные молекулы являются новыми центрами дальнейшей адсорбции воды по механизму образования водородных связей [15].

В результате диссоциации воды, кислот и некоторых других органических соединений на активных центрах дорожек трения адсорбирующиеся ионы водорода скапливаются в местах выхода на поверхность дислокаций, межфазовых границ и неупорядоченных образований и частично молялизируются. Соотношение молекул водорода и ионов может составлять приблизительно 2:1 [15].

Металлическая поверхность деталей узлов трения стружечного станка может наводороживаться не только под воздействием ионов водорода, выделяющегося при диссоциации различных веществ, но и в результате химических реакций, в которых задействованы компоненты древесины и продукты ее разложения (органические кислоты, углеводороды, спирты, альдегиды и др.) в процессе фрикционного контакта. Экспериментальные исследования пары трения “древесина–сталь” выявили следующий состав неконденсировавшихся газов (%): 4,2...6 H₂; 2 CH₄; 70...72 CO; 20 CO₂ [11].

Водород может образовываться в результате непосредственного взаимодействия воды с активированным металлом поверхности: $\text{Fe} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$, $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2$.

Существует ряд особенностей взаимодействия водорода со сталью, связанных с характером внешнего воздействия и двумя формами существования его в металле. Первая – диффузионно-активная, когда водород в виде иона растворен в решетке металла, и вторая – молекулярная, когда он находится в молекулярном состоянии в дефектах кристаллической решетки. Его окклюзия в металл возможна для обеих форм.

Диффузионно-активный водород при растворении достигает равновесной концентрации для данных условий. Молекулярная оказывает охрупчивающее действие на сталь и некоторые другие металлы. Переход от растворенной формы к молекулярной зависит от дефектности стали, температуры и, особенно, от деформирования. Предельная концентрация молекулярного водорода зависит от дефектности металла и может достигать пороговой, вызывающей разрушение.

Абсорбированный металлом водород может находиться в различных состояниях: образовывать с металлом твердые растворы, сегрегироваться на несовершенствах кристаллической решетки, абсорбироваться на микронесплошностях и скапливаться в них в молекулярной форме, взаимодействовать с металлом и вторичными фазами, т.е. формировать гидриды [12, 5].

Механизм водородного изнашивания вызывает споры исследователей. Среди многочисленных теорий, объясняющих это явление, можно выделить четыре наиболее часто привлекаемые при анализе экспериментальных данных: теорию внутреннего давления, теорию декогезии, теорию внутренней адсорбции и теорию повышенного давления гидридов. Эти механизмы в значительной мере перекрываются и, кроме того, предполагают существование и других [12, 13].

В результате фрикционного взаимодействия стали с древесиной образуются углеродосодержащие газы CO, CO₂, CH₄, что сопровождается обезуглероживанием поверхности узлов трения стружечных станков и выделением газообразного водорода в образце: $\text{Fe}_3\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 3\text{Fe} + \text{CO}_2$; $\text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 3\text{Fe} + 2\text{CO}$; $\text{Fe}_3\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{CO} + \text{H}_2$. Обезуглероживание здесь обусловлено тем, что его скорость превышает скорость окисления железа. В результате диффузии углерода из прилегающего поверхностного слоя к реакционной зоне более или менее толстый слой металла постепенно обедняется этим газом, вплоть до полного его отсутствия, т.е. формирования слоя чистого феррита.

Уменьшение количества атомов углерода в твердом растворе будет способствовать ухудшению демпфирующих свойств поверхности трения и усилению износа. Кроме того, свежееобразованная при трении гидроокись железа может ад-

сорбировать растворенную в воде двуокись углерода, что будет интенсифицировать коррозию под слоем вторичных структур [15].

При повышенных температурах могут протекать химические реакции, основанные на термическом разложении углеводородов или на процессах конверсии углеводородов и окиси углерода, в результате чего образуется водород: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$; $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$; $\text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow 2\text{C} + \text{H}_2$. Кроме того, при высоких температурах возможно не только кислородное, но и водородное обезуглероживание поверхности деталей. При наводороживании стали свободный водород при температуре 240...330°C вступает в реакцию гидрирования с карбидами Fe_3C . Вследствие этого цементит (Fe_3C) превращается в мелкодисперсный феррит с образованием метана, который скапливается в дефектных местах границ зерен. В результате уменьшения концентрации карбидов ухудшаются многие характеристики стали, в том числе и износостойкость. Метан не способен диффундировать через решетку металла, поэтому формирует раковины внутри металла, что приводит к его растрескиванию [5]: $\text{Fe}_3\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow 3\text{Fe} + \text{CH}_4$.

Анализ всех трибохимических реакций, способствующих обезуглероживанию поверхности, свидетельствует, что их массовая доля в износе, в зависимости от pH среды и содержания кислорода, колеблется в пределах от 0,9 до нескольких процентов [15]. Однако роль обезуглероживания в активации изнашивания может быть не менее значительна, чем окисление основы – железа, поскольку с уменьшением содержания углерода ухудшаются как прочностные, так и реологические свойства металла, а следовательно, падает износостойкость узла трения.

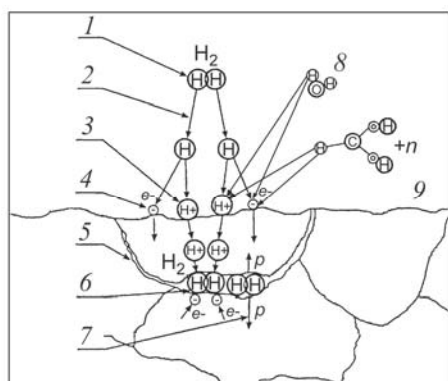


Рис. 2. Факторы, определяющие механизм и интенсивность протекания коррозионно-механического изнашивания в древесно-металлических узлах трения: 1 – молекула водорода; 2 – его деструкция; 3 – протон; 4 – электрон; 5 – трещина; 6 – образование молекул водорода; 7 – вода; 8 – органическое вещество; p – нагрузка на зерна.

Fig. 2. Main factors of corrosive wear in the “wood–metal” friction units: 1 – molecule of hydrogen; 2 – its destruction; 3 – proton; 4 – electron; 5 – crack; 6 – formation of hydrogen molecules; 7 – water; 8 – organic matter; p – loading on grains.

ВЫВОДЫ

Проанализированы физико-химические процессы в зоне фрикционного контакта системы “сталь–древесина”, характерного для узлов трения деревообрабатывающего оборудования для производства технологической стружки (рис. 2). Установлены закономерности влияния некоторых конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов на состояние функциональных поверхностей деталей; исследованы химические, механические и тепловые явления пары трения “сталь–древесина”. Для определения количественных характеристик механической, коррозионной и синергетической компоненты износа разработан комплекс лабораторных и натуральных экспериментов [16, 17].

РЕЗЮМЕ. Досліджено експлуатаційні умови, механізми та закономірності зношування поверхонь деталей вузлів тертя стружкових станків. Зафіксовано складний комплекс явищ у зоні тертя ножового вала (чи ножового барабана) і деревини, що свідчить про корозійно-механічний знос. Встановлено, що найбільше на характер та інтенсивність зно-

су впливають вода, карбонові кислоти та поліфенольні сполуки. Механічний складник зношування під час тертя об деревину зумовлений втягуванням диспергованих частинок зносу в зону контакту, попаданням абразивних частинок (земля, пісок, глина) разом з оброблюваною деревиною чи попаданням цих частинок у з'єднання станка з довкілля. Виявлено вплив наводнювання поверхні на зносотривкість матеріалу деталей деревооброблюваного обладнання. Проаналізовано закономірності та механізми зносу деталей вузлів тертя стружкових станків і сформульовано вимоги до вибору способу підвищення зносотривкості, а також теоретично обґрунтовано структурно-фазовий склад і фізико-хімічні властивості поверхневого шару розглянутих деталей.

SUMMARY. The operational conditions, mechanisms and regularities of wear process of woodworking machinery parts surfaces are investigated. The complex phenomena in the friction zone between steel parts and wood sets, proving the corrosion mechanical their (tribocorrosion), are recorded. It is established that water, carboxylic acids and polyphenolic compounds have the the greatest impact on the character and intensity of wear. The mechanical component of wear under friction against wood is caused by the involvement of the dispersed particles of wear in the contact zone, contact with abrasive particles (soil, sand and clay) together with the treated wood, or abrasive particles in the junction of the machine and the environment. The effect of surface hydrogenation on the durability of the wood treated device material is shown. The analysis of regularities of steel parts allows formulating the requirements to the method of increasing wear resistance and a theoretical basis for the structural-phase and physico-chemical properties of the surface layer of the woodworking machinery parts.

1. *Зотов Г. А., Памфилов Е. А.* Повышение стойкости дереворежущего инструмента. – М.: Экология, 1991. – 304 с.
2. *Моисеев А. В.* Износостойкость дереворежущего инструмента. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 112 с.
3. *Семенова И. В., Флорианович Г. М., Хорошилов А. В.* Коррозия и защита от коррозии. – М.: Физматлит, 2002. – 336 с.
4. *Трение и модифицирование материалов трибосистем / Ю. К. Машков, К. Н. Полещенко, С. Н. Поворознюк, П. В. Орлов.* – М.: Наука, 2000. – 280 с.
5. *Сорокин Г. М., Ефремов А. П., Саакян Л. С.* Коррозионно-механическое изнашивание сталей и сплавов. – М.: Нефть и газ, 2002. – 424 с.
6. *Klamecki B. E.* A Review of Wood Cutting Tool Wear Literature // Электронная библиотека изд-ва “Springer” – Режим доступа: <http://www.springerlink.com/content/v120741328777300/>.
7. *Krilov A. and Gref R.* Mechanism of sawblade corrosion by polyphenolic compounds // Электронная библиотека изд-ва “Springer”. Режим доступа: <http://www.springerlink.com/content/n15418j182377147/>.
8. *Porankiewicz B., Sandak J., and Tanaka C.* Factors influencing steel tool wear when milling wood // Wood Sci. & Tech. – 2005. – № 39(3). – P. 225–234.
9. *Zelinka S. L. and Stone D. S.* The effect of tannins and pH on the corrosion of steel in wood extracts // Электронная библиотека изд-ва “Wiley”. Режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/maco.201005845/>.
10. *Пенкин Н. С., Пенкин А. Н., Сербин В. М.* Основы трибологии и триботехники: Уч. пос. – М.: Машиностроение, 2008. – 206 с.
11. *Памфилов Е. А., Петренко М. Н.* К вопросу о механизме изнашивания дереворежущего инструмента // Изв. вуз. Лесной журн. – 1978. – № 3. – С. 148–150.
12. *Трибохимия водородного износа / Е. А. Лукашев, М. Е. Ставровский, А. В. Олейник и др.* – Курск: ГТУ, 2007. – 278 с.
13. *Касаткин Г. Н.* Водород в конструкционных сталях. – М.: Интернет Инжиниринг, 2003. – 336 с.
14. *Гаркунов Д. Н.* Триботехника (износ и безысность). – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.
15. *Шевеля В. В., Александренко В. П.* Трибохимия и реология износостойкости. – Хмельницкий: ХНУ, 2006. – 278 с.
16. *Памфилов Е. А., Лукашов С. В., Прозоров Я. С.* Особенности изнашивания железоуглеродистых сплавов при фрикционном контактировании с древесиной // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2012. – № 6. – С. 3–9.
17. *Памфилов Е. А., Прозоров Я. С.* К вопросу моделирования коррозионно-механического изнашивания // Трение и износ. – 2012. – 33, № 3. – С. 288–297.

Получено 01.09.2011