



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.05:620.16

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.89

### ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНАШИВАНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Е.А. Памфилов<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.*

*Е.В. Шевелева<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.*

<sup>1</sup> Брянский государственный технический университет, бул. 50-летия Октября, д. 7, г. Брянск, Россия, 241035; e-mail: pamfilov@bgi.ru

<sup>2</sup> Брянский государственный инженерно-технологический университет, просп. Станке Димитрова, д. 3, г. Брянск, Россия, 241037; e-mail: elshev@km.ru

Технико-экономическая эффективность использования дереворежущих инструментов и качество выпускаемой с их применением продукции в значительной степени определяются совокупностью характеристик рабочих поверхностных слоев рассматриваемых инструментов, в том числе износостойкостью. При этом отмечается существенное разнообразие реализующихся механизмов протекания изнашивания как в части качественного характера их проявления (постепенное изнашивание образующих режущие кромки поверхностей, микровыкрашивание и сколы режущего лезвия), так и особенностей образования продуктов изнашивания. Изнашивание дереворежущих инструментов – результат совместного проявления механического, электроэрозийного, химического, электрохимического и других воздействий. Особенностью, дополнительно усугубляющей такую сложную картину поверхностного разрушения, является возможность возникновения эффекта синергизма механических и химических составляющих процесса изнашивания, когда их взаимное влияние увеличивает степень проявления каждого из наблюдаемых механизмов. При таком многоплановом эксплуатационном воздействии износостойкость инструментов во многом обусловлена физико-химическими свойствами материалов, применяемых для их изготовления, видом и режимами используемой упрочняющей обработки, а также характером внешних воздействий на них в процессе эксплуатации. В связи с этим для обеспечения должной износостойкости инструментов необходимо решать комплексные задачи совершенствования их конструкций, обоснованного выбора

---

*Для цитирования:* Памфилов Е.А., Шевелева Е.В. Особенности исследования изнашивания режущих инструментов для переработки древесных материалов // Лесн. журн. 2017. № 6. С. 89–103. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.89

инструментальных материалов и способов их упрочняющей обработки. Важнейший аспект решения этих задач – экспериментальная проверка целесообразности принятых решений, для чего применительно к различным эксплуатационным условиям требуется разработать или выбрать методики износных испытаний, позволяющих получать достоверные результаты. При этом следует учитывать, что выбор методов исследования напрямую связан с характером рассматриваемых видов деревопереработки, механизмов изнашивания тех или иных дереворежущих инструментов. Должен приниматься во внимание тот факт, что указанные механизмы могут изменяться как в процессе единичного реза, так и по мере затупления рассматриваемых инструментов.

*Ключевые слова:* деревопереработка, инструмент, испытания, износостойкость, изнашивание, физико-химические свойства, синергизм, эксплуатационные параметры, достоверность, моделирование, эффективность.

### *Введение*

Решение проблемы повышения работоспособности деревоперерабатывающих инструментов по показателям износостойкости и прогнозирование сроков их надежной работы связаны с необходимостью проведения комплекса экспериментальных исследований, постановка которых требует использования эффективной методологии и соответствующего ей испытательного оборудования. В процессе исследований обычно проводят лабораторные, натурные и производственные испытания [13].

Лабораторные испытания осуществляют преимущественно на специальных образцах, что позволяет выявить основные закономерности изнашивания инструментов. При натурных испытаниях уточняют пути повышения износостойкости инструментов применительно к их конструкциям и условиям эксплуатации. С помощью эксплуатационных испытаний устанавливают промышленную эффективность разработанных рекомендаций.

Проведение натурных и эксплуатационных испытаний связано со значительными трудностями, так как при их постановке сложно учесть все условия, в которых возможна эксплуатация каждого из рассматриваемых инструментов. Поэтому желательно увеличивать долю лабораторных испытаний как менее трудоемких и дорогостоящих.

Многофакторность влияния условий изнашивания на инструменты затрудняет установление доминирующих причин износа и усложняет разработку мероприятий по повышению их износостойкости. Поэтому целесообразно сначала теоретически выявить значимость факторов, определяющих работоспособность инструментов, и параметров, которые оказывают наибольшее влияние на сопротивляемость изнашиванию исследуемых объектов. При этом следует иметь в виду, что закономерности воздействия многих факторов на сопротивляемость изнашиванию зачастую проявляются неоднозначно [3].

Сложности проведения исследований также связаны с тем, что во многих случаях требуется дифференцированная оценка сопротивляемости изнашиванию отдельных локальных зон, в которых износ может протекать по различным механизмам.

В связи с этим методики испытаний необходимо разрабатывать так, чтобы иметь возможность воспроизводить основные виды изнашивания. Это можно осуществлять за счет отдельных испытаний на различных образцах или путем дифференцированной оценки результатов действия альтернативных механизмов изнашивания на одном образце, воспроизводящем рабочую поверхность инструмента.

Важным является решение задачи интенсификации изнашивания в процессе ускоренных испытаний, где получают результаты, увеличивая нагрузки, температуры, скорости и другие факторы. Ускорение получения экспериментальных данных при натуральных и отчасти эксплуатационных испытаниях можно обеспечить путем экстраполяции износа по времени или его аналогам (количеству обработанных деталей, пути резания и т. д.). Однако к результатам такого рода испытаний следует относиться с осторожностью, так как форсирование режимов может исказить представление о ведущих механизмах изнашивания и степени проявления каждого из них.

Одним из важнейших принципов подтверждения правильности выбора методики исследований является сохранение рядов износостойкости исследуемых инструментов при лабораторных, натуральных и эксплуатационных испытаниях.

В ходе экспериментальных исследований необходимо иметь в виду, что свойства поверхностных слоев образцов и показатели их износостойкости носят случайный характер и обладают изменчивостью при повторении эксперимента. Поэтому установленные показатели износостойкости дают оценку фактическим значениям с определенной степенью точности и надежности, что требует серьезной математической обработки их результатов.

#### *Объекты и методы исследования*

Исключительную важность при разработке методик исследований износостойкости инструментов для обработки древесины имеет увязка условий лабораторных исследований с конкретными эксплуатационными условиями. Это связано с тем, что различные группы древесных материалов различаются показателями физико-химических свойств и, соответственно, изнашивающим воздействием на инструменты [17].

Существенное влияние на характер изнашивания инструментов оказывают и скорости резания, и действие динамических нагрузок, и температурный режим обработки. Степень их влияния в значительной мере зависит от свойств инструментального материала и принятых упрочняющих технологий.

Предварительная оценка механизмов изнашивания может быть осуществлена на основании анализа характера разрушения рабочих поверхностей и режущих кромок инструментов.

Чаще всего такое разрушение носит либо постепенный характер, либо проявляется в виде микровыкрашивания [4, 12, 18]. В зависимости от условий эксплуатации, свойств инструментальных и обрабатываемых материалов, геометрии резцов и состояния их рабочих поверхностей соотношение постепенного износа и износа путем микровыкрашивания в величине износа инструментов может колебаться в широком диапазоне. При этом в начальный период работы изнашивание режущей кромки носит преимущественно характер микровыкрашивания, что связано с проявлением влияния микротрещин, имевшихся в прикромочной зоне перед началом работы, и обусловлено действием значительных напряжений от сил резания из-за малых размеров радиуса округления остро заточенного режущего лезвия.

После удаления дефектных микрообъемов изнашивание инструментов приобретает преимущественно постепенный характер. Однако при эксплуатации инструментов в условиях, приводящих к охрупчиванию инструментального материала (ударное нагружение, низкие температуры, действие активных сред и т. д.), износ в течение всего периода стойкости может протекать путем микровыкрашивания и даже сколов с удалением достаточно крупных частиц инструментального материала, прилегающих к режущему лезвию.

Принято считать, что микровыкрашивание как основной механизм изнашивания режущего лезвия идентифицируется, если размеры отдельных выкрошин находятся в пределах от значений, равных шероховатости  $R_{max}$  (для прилегающих к лезвию передней и задней поверхностей режущего клина), до текущего значения радиуса округления резца.

Материал продуктов микровыкрашивания деструктурирован и по составу близок к продуктам постепенного изнашивания. Более крупные частицы износа сохраняют структуру исходного инструментального материала. Частицы износа, образующиеся в результате сколов, имеют размеры, превышающие радиус округления режущего лезвия, а их состав в основном соответствует составу инструментального материала. Это дает основания полагать, что механизм микровыкрашивания является промежуточным между фрикционным диспергированием и сколами, относящимися к объемному разрушению.

Существенным фактором, способствующим развитию микротрещин, которые приводят к выкрашиванию, является неравномерность нагружения режущей кромки по ее длине. При резании древесины нередко проявляется и пластическое деформирование лезвия вследствие превышения создающимися силами резания напряжений растяжения, предела текучести инструментального материала. Протеканию такого механизма способствуют недостаточная

твердость материала, повышенные температуры или проявление эффекта Ребиндера.

При постепенном изнашивании на всей поверхности контактного взаимодействия инструмента и обрабатываемого материала образуются мельчайшие частицы, состав и структура которых отличаются от состава и структуры инструментального материала. Их образование является результатом механического диспергирования за счет усталостного разрушения, окислительного износа, электрической эрозии, трибокоррозии и т. д.

Можно полагать, что изнашивание дереворежущих инструментов протекает в результате проявления двух укрупненных механизмов: первый происходит за счет химических явлений в зоне фрикционного контакта, второй – в результате изнашивающего механического воздействия. Характерной особенностью подобной картины изнашивания является синергизм механических и химических явлений, когда их взаимное влияние на износ не может быть отражено только как суммарное проявление отдельных составляющих, а заключается в возникновении эффектов, интенсифицирующих каждый из реализующихся механизмов [20].

В частности, химические процессы могут повышать интенсивность изнашивания, так как продукты коррозии во многих случаях менее прочные, чем основной металл, на котором они образуются, и имеют слабую к нему адгезию [21]. Механическая нагрузка способствует возрастанию интенсивности коррозионных процессов в зоне износа, поскольку механическое удаление продуктов коррозии приводит к постоянному восстановлению химического потенциала поверхности и замедлению процесса пассивации [19].

В целом химические явления, приводящие к разрушению поверхностных слоев дереворежущих инструментов, сводятся к следующему:

образование пленок оксидов и хелатов, имеющих слабое когезионное взаимодействие с инструментальным материалом;

растворение железа из инструментальной стали в результате окислительно-восстановительных превращений;

наводороживание и обезуглероживание поверхностных слоев металла.

Кроме того, происходит уменьшение прочности поверхностных слоев из-за образования коррозионных трещин и преобразования цементита стали в феррит, а также вследствие формирования газовых полостей с высоким давлением и возникновения при этом опасных растягивающих напряжений.

Образовавшиеся пленки оксидов имеют большую твердость и хрупкость, чем основной металл, хорошо сопротивляются сжатию, а также пассивируют и защищают поверхность от механических и химических воздействий. Однако вследствие меньшего коэффициента температурного расширения, чем у основного металла, в них выше вероятность возникновения трещин.

Значительна роль в изнашивании инструментов веществ, выделяющихся при трибодеструкции древесины, которая сопровождает процесс резания. Эти вещества образуют над слоем оксидов адсорбированные слои, состояние которых при отсутствии нагрузки и действия активных химических реагентов достаточно стабильно, но в процессе механического или химического воздействия происходит их дестабилизация, обуславливающая поверхностное разрушение инструментальных материалов.

Существенную роль в разрушении поверхностных слоев дереворежущих инструментов играет электрохимическая коррозия, когда электролитом является жидкость, выделяющаяся при обработке древесины или конденсирующаяся из выделяющихся паров, а электродами – используемые инструменты. В электролите содержатся ионы  $H^+$  и  $OH^-$ , а также растворенный кислород. В таких условиях образуется микрогальванический элемент и происходит коррозия инструментального материала. Также возможно образование в материале инструментов микрогальванических пар между структурными составляющими инструментальной стали, что приводит к межкристаллитной коррозии.

Химическое воздействие карбоновых кислот и полифенолов может усиливаться за счет проявления эффекта Ребиндера. В этом случае поверхностно-активные вещества, находящиеся в древесине (в первую очередь смоляные и высшие жирные кислоты), адсорбируясь и проникая в микротрещины поверхностного слоя, при действии напряжений растяжения размягчают материал поверхностного слоя и облегчают его пластическое течение [6, 15].

Химическое взаимодействие металла с продуктами деструкции древесины интенсифицируется высокой температурой, развивающейся при резании. Катализаторами коррозионной активности карбоновых кислот могут быть сульфаты и хлориды, содержащиеся в древесине [25]. Химическую активность при контакте с металлами проявляют и полифенолы (пирокатехин и пирогаллол) и их производные (танины, которые содержатся в некоторых породах древесины). В случае коррозии танины являются ингибиторами, поскольку образуют пассивирующую пленку из хелатов.

При трибокоррозионном контакте химическая реакционная способность приводит к увеличению износа, поскольку продукты реакций со слабыми когезионными взаимодействиями легко удаляются в процессе трения [22].

В результате химического взаимодействия радикалов и атомов с ювенильной поверхностью гасится ее неуравновешенное силовое поле (свободные валентности) и выделяется дополнительное тепло, способствующее термическому пиролизу древесины.

В зоне фрикционного контакта «древесина–сталь» также отмечены явления электризации поверхностей с образованием пьезо- и трибозарядов и возникновение искровых микрозарядов [26].

К существенным изменениям свойств функциональных поверхностных слоев инструментов приводят их наводороживание и обезуглероживание. Водород выделяется при термическом разложении древесины в условиях резания. Кроме того, водород в виде ионов присутствует в слабокислом древесном соке [6]. При определенных условиях молекулы газообразного водорода проникают в металл [5].

Водородное изнашивание инструментальных материалов может протекать по механизмам внутреннего давления, декогезии, внутренней адсорбции и повышенного давления гидридов. При реализации механизма внутреннего давления высокое давление газообразного водорода, создающееся в микротрещинах и порах, вызывает пластическую деформацию или разрушение. При проявлении декогезии растворенный водород понижает силу когезии между атомами вещества в кристаллической решетке и, соответственно, прочность и износостойкость поверхностных слоев.

Обезуглероживание инструментальных сталей может приводить к образованию феррита, имеющего низкую износостойкость. Этот процесс происходит за счет того, что водород при температуре 240...330 °С вступает в реакцию гидрирования с карбидами железа.

Механическое изнашивание также может протекать по различным механизмам:

разрушение за счет единичных или малоцикловых деформирующих воздействий на поверхности инструментов обрабатываемого материала, абразивных частиц, продуктов износа деталей оборудования и т. д.;

проявление усталостных эффектов, приводящее к накоплению и росту дефектов, возникновению остаточных напряжений и структурной трансформации инструментального материала с дальнейшим его изнашиванием;

пластическая деформация, происходящая за счет недостаточного предела текучести инструментального материала.

На предварительных этапах исследований проявление того или иного механизма механического изнашивания можно ориентировочно прогнозировать по такому критерию, как отношение твердости изнашиваемой поверхности  $H_n$  к твердости изнашивающего тела (чаще всего абразивных частиц)  $H_a$ .

При анализе механического взаимодействия древесины с инструментальным материалом необходимо учитывать, что соотношение их твердостей значительно, поэтому логично полагать, что изнашивание инструмента должно быть весьма малым. Однако даже при соотношении  $H_a/H_n \leq 1,2$  наблюдается износ, вызываемый многократным упругим деформированием материала при воздействии древесины на инструменты [7, 8]. При этом происходят развитие микротрещин, возникновение остаточных напряжений, увеличение плотности дислокаций, появление вакансий и пор, что пред-

определяет преобладающую реализацию многоциклового усталостного механизма изнашивания.

При  $H_a/H_n \geq 1,2$  развивается жесткое абразивное изнашивание, интенсивность которого гораздо выше за счет микрорезания, царапания и пластического деформирования. Такой вид изнашивания обусловлен попаданием в зону контакта минеральных частиц из почвы или атмосферной среды. Абразивом являются диспергированные частицы деталей оборудования и инструментов, состоящие из оксидов железа и наклепанных частиц стали. При этом следует учитывать, что как усталостные процессы, так и процессы микрорезания протекают преимущественно в оксидном и деформированном поверхностном слое инструментального материала.

Действие синергетических факторов при изнашивании дереворежущих инструментов заключается в следующем:

снижение износостойкости вследствие уменьшения поверхностной прочности инструментального материала при химическом воздействии на него;

интенсификация химических реакций за счет удаления продуктов реакций, замедления пассивации и регенерации химического потенциала;

повышение скорости разрушения поверхностных слоев путем ослабления адгезионных и когезионных связей у образовавшихся продуктов реакций;

интенсификация химических реакций за счет повышения температуры и снижения энергии активации.

При оценке степени синергетического усиления износа целесообразно выделять увеличение механического изнашивания, вызванное коррозией, и ускорение коррозии, вызванное механическим изнашиванием. Первое обусловлено тем, что продукты химических реакций обычно имеют меньшую прочность, чем металл, на котором они образуются, и слабую к нему адгезию. Химические взаимодействия более вероятны в дефектных зонах, что способствует неравномерному разрушению поверхностного слоя и уменьшению износостойкости.

Кроме того, механическое удаление продуктов химических реакций при трении приводит к постоянной регенерации химического потенциала поверхности и замедлению процесса пассивации. На изменение потенциала влияет и связанная с износом пластическая деформация, способствующая движению и выходу на поверхность дислокаций.

Это обуславливает необходимость при прогнозировании и разработке мероприятий по повышению сопротивляемости изнашиванию дереворежущих инструментов учитывать физико-химические свойства инструментальных материалов и состояние их поверхностных слоев.

Важным также является правильный выбор способа оценки сопротивляемости изнашиванию дереворежущих инструментов. Чаще всего для этого используется показатель относительной износостойкости, представляющий собой соотношение изнашивания опытных и серийных образцов. При этом условия исследований инструментов по геометрическим параметрам и траекториям движения, режимам работы, видам обрабатываемой древесины или древесных материалов должны быть аналогичными.

Величину износа можно оценивать как по окончании цикла испытаний, так и через некоторые промежутки общего времени испытаний. Обычно ее определяют по потере массы или изменению геометрических параметров исследуемых образцов. Необходима оценка и неравномерности износа лезвия по его длине. Наибольшая достоверность получаемых при этом результатов достигается при одновременном использовании нескольких альтернативных способов оценки, например по потере массы и изменению поперечной геометрии лезвия в нескольких сечениях режущего клина.

При разработке методологии износных испытаний деревоперерабатывающих инструментов наряду с эксплуатационными условиями необходимо обязательно учитывать технологические особенности их изготовления и упрочнения, обеспечивающие достижение благоприятных совокупностей характеристик состояния функциональных поверхностных слоев.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Для получения достоверных результатов изнашивания инструментов должны воспроизводиться реализующиеся при их эксплуатации механизмы. Кроме того, должны задаваться параметры, способствующие интенсификации изнашивания, а именно: динамико-скоростные режимы нагружения, особенности химического и электрохимического воздействия, состояние функциональных поверхностей, их микрогеометрия, остаточное напряженное состояние, структурная и геометрическая неоднородности, насыщенность дефектами (микротрещинами, дислокациями, порами и др.).

Особенности изнашивания основных групп деревоперерабатывающих инструментов и устройств в зависимости от их назначения, характерных условий эксплуатации, а также наличия дополнительных воздействий, усугубляющих степень изнашивания, систематизированы в таблице. В ней же приведена информация о литературных источниках, в которых подробно описаны рекомендуемые методы испытаний на изнашивание различных видов деревоперерабатывающих инструментов.

## Характерные виды деревопереработки и особенности изнашивания используемых для их выполнения инструментов

Вид деревопереработки	Используемые инструменты	Характерные эксплуатационные условия	Прогнозируемые преобладающие механизмы изнашивания	Воздействия, усугубляющие процесс изнашивания используемых инструментов	Рекомендуемые способы испытаний
Обработка натуральной древесины малой влажности	Фрезы, ножи для фрезерования, резы токарные, пилы ленточные и круглые, инструмент для обработки отверстий и гнезд	Пресоблагодатное механическое воздействие на материал инструмент	Фрикционная устойчивость, усталостное микровыкрашивание	Воздействие электрических разрядов, неравномерность нагружения режущего лезвия	[4, 9, 12]
Обработка композиционных древесных материалов	Пилы дисковые, ножи для фрезерования с пластинами из твердого сплава	Действие активных сред, выделяющихся в процессе резания, химическая и электрохимическая коррозия	Коррозионно-механическое изнашивание	Адсорбционное разупрочнение, наводороживание и обезуглероживание материала инструментов	[4, 9, 12, 16]
Обработка при абразивном воздействии на инструмент	Пилы рамные и круглые, коросниматели, режущие рабочие органы лесозаготовительной техники	Действие на инструмент твердых компонентов ЦСП, ДСП, фанеры и др. или абразива, вносимого в зону резания при обработке загрязненной древесины	Усталостно-абразивное изнашивание	Химическое воздействие активных сред, поверхностное деформирование или микрорезание абразивными зернами	[4, 10, 12]
Резание древесины высокой влажности или после гидротермического воздействия	Ножи лущильные, шпонострогальные	Действие активных сред, коррозия, кавитация, элементы граничной смазки	Коррозионно-механическое изнашивание	Неравномерность нагружения режущего лезвия по длине	[1, 14, 16, 23, 24]
Изготовление технологической стружки	Ножи стружечные	Действие активных сред, химическая и электрохимическая коррозия, динамический характер нагружения	Усталостно-абразивное изнашивание	Адсорбционное разупрочнение, наводороживание и обезуглероживание поверхностей слов	[14, 16, 24]
Переработка мерзлой древесины	Режущие рабочие органы лесозаготовительной техники, инструменты для первичной переработки мерзлой древесины	Низкотемпературное изменение физико-механических свойств древесины	Ударно-усталостное и ударно-абразивное изнашивание, микровыкрашивание, сколы	Низкотемпературное охрупчивание инструментальных материалов	[2, 11]
Изготовление щепы, бесстружечное резание (штамповка) древесины и древесных материалов	Ножи рубильные, ножи тильотинных ножиц, штампы	Игтенсивное ударно-циклическое воздействие на инструмент	Ударно-усталостное и ударно-абразивное изнашивание, выкрашивание, сколы	Химическое воздействие активных сред	[4, 6, 11]

На основании изложенных выше сведений может быть предложен следующий алгоритм проведения испытаний дереворежущего инструмента на изнашивание:

- проведение анализа условий эксплуатации принятого инструмента;
- изучение причин отказов рассматриваемых инструментов, включая характер износа, особенности его локализации, достигаемые предельные значения износа;
- выявление преобладающих механизмов изнашивания;
- установление характера и уровня воздействий, интенсифицирующих процесс изнашивания исследуемых инструментов;
- выбор методических рекомендаций по проведению испытаний на изнашивание с использованием данных, приведенных в таблице.

### Выводы

Представленная в работе информация показывает, что эффективное решение проблемы существенного повышения работоспособности различных групп инструментов может быть достигнуто, если в процессе исследования их износостойкости использовать надежные способы задания и оценки влияния всех перечисленных выше факторов, определяющих сопротивляемость деревоперерабатывающих инструментов изнашиванию.

Такой подход к учету и воспроизведению широкой совокупности как внешних воздействий, так и состояния функциональных слоев дереворежущих инструментов обеспечивает возможность создания комплексной защиты рабочих зон инструментов от изнашивания. Это может способствовать успешной организации конкурентоспособного отечественного инструментального производства и поддержанию высокой работоспособности широкого перечня дереворежущих инструментов в течение всего их жизненного цикла.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 1658024 СССР, МПК G 01 N 3/58. Способ испытания дереворежущего инструмента на изнашивание / Е.А. Памфилов, В.Д. Северин, А.А. Андропов. № 4659992/28; заявл. 07.03.89; опубл. 23.06.91, Бюл. № 23. 3 с.
2. А. с. 879397 СССР, МПК G 01 N 3/58. Способ определения степени износа инструмента / Е.А. Памфилов. № 2886292/25; заявл. 22.02.80; опубл. 07.11.81, Бюл. № 41. 2 с.
3. *Евельсон Л.И., Памфилов Е.А.* Оптимизация узлов трения машин с учетом неопределенности информации в исходных данных // Трение и износ. 2006. № 2. С. 191–195.
4. *Зотов Г.А., Памфилов Е.А.* Повышение стойкости дереворежущего инструмента. М.: Экология, 1991. 304 с.
5. *Лукашев Е.А., Ставровский М.Е., Олейник А.В., Юдин В.М., Емельянов С.Г.* Трибохимия водородного износа. Курск: КГТУ, 2007. 279 с.

6. *Моисеев А.В.* Износостойкость дереворежущего инструмента. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 112 с.
7. *Мышкин Н.К., Петроковец М.И.* Трибология. Принципы и приложения. Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2002. 310 с.
8. Основы трибологии (трение, износ, смазка): учеб. для техн. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / под. общ. ред. А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2001. 664 с.
9. *Памфилов Е.А.* Особенности изнашивания и повышения стойкости дереворежущих инструментов // Лесн. журн. 1997. № 1-2. С. 142–146. (Изв. высш. учеб. заведений).
10. *Памфилов Е.А., Лукашов С.В., Прозоров Я.С.* Модель механохимического разрушения деталей оборудования для производства технологической стружки // Лесн. журн. 2012. № 5. С. 108–116. (Изв. высш. учеб. заведений).
11. *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.
12. *Памфилов Е.А., Петренко Н.М.* К вопросу о механизме изнашивания дереворежущего инструмента // Лесн. журн. 1978. № 3. С. 148–150. (Изв. высш. учеб. заведений).
13. *Памфилов Е.А., Пилюшина Г.А., Савочкин А.М.* Методология триботехнических испытаний // Физика, химия и механика трибосистем. Иваново: Иванов. гос. ун-т, 2006. Вып. 5. С. 9–14.
14. *Памфилов Е.А., Прозоров Я.С., Кузнецов С.В., Лукашов С.В.* Современные методы исследования коррозионно-механического изнашивания // Изв. Самар. НЦ РАН. 2015. Т. 17, № 1. С. 146–149.
15. *Прозоров Я.С.* Повышение эффективности производства древесной стружки на основе увеличения долговечности применяемого оборудования: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2016. 16 с.
16. ASTM Standard G119. Standard Guide for Determining Amount of Synergism between Wear and Corrosion // Annual Book of ASTM Standards. Vol. 03.02; Corrosion of Metals; Wear and Erosion. West Conshocken, USA: ASTM, 2001.
17. *Baker A.J.* Corrosion of Metals in Preservative-Treated Wood // Wood Protection Techniques and the Use of Treated Wood in Construction / Ed. by M. Hamel. Madison, Wisconsin, USA: Forest Products Society, 1988. Pp. 99–101.
18. *Bayer R.G.* Mechanical Wear Fundamentals and Testing. New York, USA, 2004. 416 p.
19. Characterization of Corrosion Products on Steel Surfaces / ed. by Y. Waseda, S. Suzuki. Berlin, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. 297 p.
20. *Darmawan W., Rahayu I.S., Tanaka C., Marchal R.* Chemical and Mechanical Wearing of High Speed Steel and Tungsten Carbide Tools by Tropical Woods // Journal of Tropical Forest Science. 2006. Vol. 18, no. 4. Pp. 255–260.
21. *Landolt D.* Corrosion and Surface Chemistry of Metals. Switzerland: EPFL Press, 2007. 400 p.
22. *Mohan G.D., Klamecki B.E.* The Susceptibility of Wood-Cutting Tools to Corrosive Wear // Wear. 1981. Vol. 74, iss. 1. Pp. 85–92.
23. *Pamfilov E.A., Lukashov S.V., Prozorov Y.S.* Mechanochemical Fracture of the Components of Wood-Cutting Equipment // Materials Science. 2014. Vol. 50, no. 1. Pp. 148–155.

24. Pamfilov E.A., Prozorov Y.S. On the Modeling of Mechanochemical Wear // Journal of Friction and Wear. 2012. Vol. 33, no. 3. Pp. 224–232.
25. Scholl M., Clayton P. Wear Behavior of Wood-Cutting Edges // Wear. 1987. Vol. 120, iss. 2. Pp. 221–232.
26. Stewart H.A., Srinivasan S., Stiffler A.K., Miller D.B. Electrical Discharge when Machining Medium-Density Fibreboard and Tool Wear // Tribology International. 1994. Vol. 27, iss. 5. Pp. 343–348.

Поступила 11.01.17

UDC 674.05:620.16

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.89

### A Study of Cutter Wear Rate for Wood-Based Materials Processing

*E.A. Pamfilov<sup>1</sup>, Doctor of Engineering Sciences, Professor*

*E.V. Sheveleva<sup>2</sup>, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*

<sup>1</sup>Bryansk State Technical University, bul. 50-letiya Oktyabrya, 7, Bryansk, 241035, Russian Federation; e-mail: pamfilov@bgita.ru

<sup>2</sup>Bryansk State Engineering Technological University, pr. Stanke Dimitrova, 3, Bryansk, 241037, Russian Federation; e-mail: elshev@km.ru

Technical and economic efficiency in the use of woodcutting tools and the quality of products are largely determined by a set of operating characteristics of working surface layers of tools under consideration, including wear resistance. We note a significant variety of realized wear mechanisms, both in terms of their qualitative nature (gradual wear of surfaces forming the cutting edges, microchipping and chipping of the cutting blade), and the features of wear products formation. Wood-cutting tools wear is the result of mechanical, electroerosive, chemical, electrochemical and other effects. The synergism effect of the mechanical and chemical components of the wear process when their mutual influence increases the degree of manifestation of each of the observed mechanisms is the aggravating feature of surface destruction. With such a multifaceted operational impact, the wear resistance of tools is largely due to the physico-chemical properties of materials used for their manufacture, the type and regimes of hardening used, and the nature of the external influences during operation. In this regard, in order to ensure the proper wear resistance of tools, we should solve complex problems of improving their design, a sound choice of tool materials and methods for their strengthening treatment. The most important aspect of solving these problems is the experimental verification of the decisions expediency, for which the methods of wear tests that allow obtaining reliable results for various operating conditions should be developed or chosen. The choice of research methods is directly related to the nature of types of wood processing, wear mechanisms of certain wood-cutting tools. We should take into account the fact that these mechanisms can vary both in the process of a single cut, and in the process of tool dulling.

---

*For citation:* Pamfilov E.A., Sheveleva E.V. A Study of Cutter Wear Rate for Wood-Based Materials Processing. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2017, no. 6, pp. 89–103. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.89

*Keywords:* wood conversion, tool, test, wear resistance, wear, physicochemical property, synergism, operational parameter, integrity, simulation, efficiency.

## REFERENCES

1. Pamfilov E.A., Severin V.D., Andropov A.A. *Sposob ispytaniya derevozhushego instrumenta na iznashivanie* [Wear Testing Method of Wood-Cutting Tools]. Certificate of authorship USSR, no. 1658024, 1989.
2. Pamfilov E.A. *Sposob opredeleniya stepeni iznosa instrumenta* [Determination Method of Tool Wear Rate]. Certificate of authorship USSR, no. 879397, 1980.
3. Evel'son L.I., Pamfilov E.A. Optimizatsiya uzlov treniya mashin s uchedom neopredelennosti informatsii v iskhodnykh dannykh [Optimization of Friction Units of Machines with Consideration of the Information Uncertainty in Initial Data]. *Trenie i iznos* [Journal of Friction and Wear], 2006, vol. 27, no. 2, pp. 191–195.
4. Zotov G.A., Pamfilov E.A. *Povyshenie stoykosti derevozhushego instrumenta* [Hardening of the Woodcutting Tool]. Moscow, Ekologiya Publ., 1991. 304 p. (In Russ.)
5. Lukashov E.A., Stavrovskiy M.E., Oleynik A.V., Yudin V.M., Emel'yanov S.G. *Tribokhimiya vodorodnogo iznosa* [Tribotechnology of Hydrogen Wear]. Kursk, KSEU Publ., 2007. 279 p. (In Russ.)
6. Moiseev A.V. *Iznosostoykost' derevozhushego instrumenta* [Wear Resistance of Wood-Cutting Tools]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1981. 112 p. (In Russ.)
7. Myshkin N.K., Petrokovets M.I. *Tribologiya. Printsipy i prilozheniya* [Tribology. Principles and Applications]. Gomel, MPRI NAS of Belarus Publ., 2002. 310 p. (In Russ.)
8. Chichinadze A.V., ed. *Osnovy tribologii (trenie, iznos, smazka)* [Fundamentals of Tribology (Friction, Wear, Lubrication)]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2001. 664 p. (In Russ.)
9. Pamfilov E.A. Osobennosti iznashivaniya i povysheniya stoykosti derevozhushechikh instrumentov [Features of Wear and Hardening of Wood-Cutting Tools]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 1997, no. 1-2, pp. 142–146.
10. Pamfilov E.A., Lukashov S.V., Prozorov Ya.S. Model' mekhanokhimicheskogo razrusheniya detaley oborudovaniya dlya proizvodstva tekhnologicheskoy struzhki [Model of Mechanochemical Destruction of Chip Producing Equipment Parts]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2012, no. 5, pp. 108–116.
11. Pamfilov E.A., Lukashov S.V., Prozorov Ya.S. Osobennosti iznashivaniya zhelezouglerodistykh splavov pri friktsionnom kontaktirovanii s drevesinoy [Features of Friction Contact between Woodworking Machinery Steel Parts and a Wood]. *Trenie i smazka v mashinakh i mekhanizмах* [Friction and Lubrication in Machines and Mechanisms], 2012, no. 6, pp. 3–9.
12. Pamfilov E.A., Petrenko N.M. K voprosu o mekhanizme iznashivaniya derevozhushego instrumenta [Revisiting a Wear Mechanism of a Wood-Cutting Tool]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 1978, no. 3, pp. 148–150.
13. Pamfilov E.A., Pilyushina G.A., Savochkin A.M. Metodologiya tribotekhnicheskikh ispytaniy [Methodology of Tribotechnical Trials]. *Fizika, khimiya i mekhanika tribosistem*, 2006, no. 5, pp. 9–14.
14. Pamfilov E.A., Prozorov Ya.S., Kuznetsov S.V., Lukashov S.V. Sovremennyye metody issledovaniya korrozionno-mekhanicheskogo iznashivaniya [Modern Methods of Studying of Corrosion-Mechanical Wear]. *Izvestiya Samarского nauchnogo tsentra RAN*

[Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2015, vol. 17, no. 1, pp. 146–149.

15. Prozorov Ya.S. *Povyshenie effektivnosti proizvodstva drevesnoy struzhki na osnove uvelicheniya dolgovechnosti primenyaемого oborudovaniya: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk* [Wood Chips Productivity Enhancement on the Basis of Increasing Equipment Longevity: Cand. Eng. Sci. Diss. Abs.]. Arkhangelsk, 2016. 16 p.

16. ASTM Standard G119. Standard Guide for Determining Amount of Synergism between Wear and Corrosion. *Annual Book of ASTM Standards. Vol. 03.02: Corrosion of Metals; Wear and Erosion*. West Conshocken, USA, ASTM, 2001.

17. Baker A.J. Corrosion of Metals in Preservative-Treated Wood. *Wood Protection Techniques and the Use of Treated Wood in Construction*. Ed. by M. Hamel. Madison, Wisconsin, USA, Forest Products Society, 1988, pp. 99–101.

18. Bayer R.G. *Mechanical Wear Fundamentals and Testing*. New York, USA, 2004. 416 p.

19. Waseda Y., Suzuki S., eds. *Characterization of Corrosion Products on Steel Surfaces*. Berlin, Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. 297 p.

20. Darmawan W., Rahayu I.S., Tanaka C., Marchal R. Chemical and Mechanical Wearing of High Speed Steel and Tungsten Carbide Tools by Tropical Woods. *Journal of Tropical Forest Science*, 2006, vol. 18, no. 4, pp. 255–260.

21. Landolt D. *Corrosion and Surface Chemistry of Metals*. Switzerland, EPFL Press, 2007. 400 p.

22. Mohan G.D., Klamecki B.E. The Susceptibility of Wood-Cutting Tools to Corrosive Wear. *Wear*, 1981, vol. 74, iss. 1, pp. 85–92.

23. Pamfilov E.A., Lukashov S.V., Prozorov Y.S. Mechanochemical Fracture of the Components of Wood-Cutting Equipment. *Materials Science*, 2014, vol. 50, no. 1, pp. 148–155.

24. Pamfilov E.A., Prozorov Y.S. On the Modeling of Mechanochemical Wear. *Journal of Friction and Wear*, 2012, vol. 33, no. 3, pp. 224–232.

25. Scholl M., Clayton P. Wear Behavior of Wood-Cutting Edges. *Wear*, 1987, vol. 120, iss. 2, pp. 221–232.

26. Stewart H.A., Srinivasan S., Stiffler A.K., Miller D.B. Electrical Discharge when Machining Medium-Density Fibreboard and Tool Wear. *Tribology International*, 1994, vol. 27, iss. 5, pp. 343–348.

Received on January 11, 2017