

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»



**ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА
ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**
Тезисы докладов 79-й научно-технической конференции
профессорско-преподавательского состава,
научных сотрудников и аспирантов
(с международным участием)

Минск 2015

УДК 630*3+674](06)(07.034.44)

Технология и техника лесной промышленности: тезисы 79-й науч.-технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 02–06 февраля 2015 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. М. Жарский; УО БГТУ. – Минск: БГТУ, 2015. – 107 с.

В сборник включены тезисы, представляющие результаты научных исследований и научно-исследовательских работ, выполненных профессорско-преподавательским составом и аспирантами БГТУ и других учреждений образования, научных организаций и ведомств.

В работах рассматриваются результаты исследований по актуальным теоретическим и прикладным вопросам создания и эксплуатации лесозаготовительных машин и оборудования, совершенствования и разработки ресурсосберегающих технологий лесозаготовок и деревообработки, проектирования, строительства и эксплуатации лесных дорог.

Значительная часть тезисов посвящена отраслевым проблемам создания новых конструкций дереворежущего инструмента, конкурентоспособных материалов, рационального и комплексного их использования, исследованиям процессов резания, сушки и огнебиозащиты древесины.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы научными сотрудниками и специалистами при проведении научных исследований и практическом их применении в лесной и деревообрабатывающей промышленности, лесном машиностроении и станкостроении, строительстве и эксплуатации дорог.

Рецензенты: Вырко Н.П., д-р техн. наук, профессор
Соловьева Т.В., д-р техн. наук, профессор
Кунтыш В.Б., д-р техн. наук, профессор

Главный редактор
ректор, канд. хим. наук, профессор ЖАРСКИЙ И.М.

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2015

УДК 630*363

А.О. Германович, ассист.; В.Н. Лой, доц., канд. техн. наук;
(БГТУ, г. Минск)

ДИНАМИКА МОБИЛЬНОЙ РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ В ПРОЦЕССЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

Переработка отходов лесозаготовок при помощи мобильных рубильных машин является одной из наиболее доступных и в то же время эффективных технологий переработки древесины на топливную щепу. Однако работа мобильной рубильной машины связана с резко переменным характером воздействия технологической или полезной нагрузки, вследствие этого при измельчении древесного сырья появляются колебания, учет которых необходим при проектировании рубильной машины. Длительное воздействие вибрации вызывает негативные изменения физиологических функций человека [1]. Основной задачей динамического исследования являлось определение движения системы, т. е. нахождение независимых, изменяющихся по времени координат (степеней свободы), определяющих положение всех масс данной системы. На основании исследования физической модели (опытного образца) мобильной рубильной машины была составлена расчетная схема математической модели работы машины. Распределенные массы машины, привода рубильного агрегата заменены сосредоточенными, соединенными безинерционными упруго-демпфирующими связями, т. е. реальная динамическая система с бесконечным числом степеней свободы заменена схемой с конечным числом степеней свободы. Основными упруго-демпфирующими элементами рубильной машины на мобильном шасси являются: шины, крепления рубильной установки, кабины, кресла оператора. Исследование динамических процессов, происходящих при работе рубильной машины на мобильном шасси с автономным двигателем, при помощи математической модели позволило обосновать ее основные параметры (жесткость виброизолирующих элементов, шин) и сделать вывод о соответствии этих параметров условиям работы. Снижение воздействий вибрации на самоходную рубильную машину приведет к повышению ее производительности, а также к уменьшению затрат на ее эксплуатацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Германович, А. О. Динамическая модель работы мобильной рубильной машины / А. О. Германович. - Автомобиль и электроника. Современные технологии. 2013. № 2 (5). С. 75-78.

УДК 630*36

В.А. Симанович, доц., канд. техн. наук;
С.Е. Арико, ст. преп., канд. техн. наук;
А.И. Смяян, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕСНЫХ АГРЕГАТНЫХ МАШИН ПРОИЗВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Создание лесозаготовительной техники в Республике Беларусь было начато в 90-х годах прошлого века. У ее истоков стояли сотрудники ОАО «Минский тракторный завод» и учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет». Данные машины создавались на основе агрегатного метода, т.е. к существующему базовому трактору МТЗ-82 подбирались необходимое технологическое оборудование, которое навешивалось на его трехточечную навесную систему. Эксплуатация данных машин показала низкую надежность ряда узлов и агрегатов данных машин, а также необходимость разработки специального лесного шасси для создания лесных машин различного назначения. Техническое обслуживание (ТО) данной лесозаготовительной техники начало осуществляться на сервисных центрах по обслуживанию сельскохозяйственной техники, сеть которых ежегодно стремиться расширить сферы услуг технических (дилерских) центров. Сертифицированные дилерские (технические) центры обеспечивают проведение предпродажной подготовки, технического обслуживания и ремонта техники в гарантийный и послегарантийный периоды.

В настоящее время достаточно высокий уровень конкуренции тракторному заводу составляет ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга», которая освоила выпуск основных лесозаготовительных машин для рубок главного и промежуточного пользования. Еще несколько лет назад перед данным предприятием стояла проблема организации технического обслуживания их техника. Однако на данный момент функционирует 9 сервисных центров в Республике Беларусь: по одному в Минской, Гродненской, Гомельской и Могилевской областях, два – в Витебской, три – в Брестской. Полный перечень работ, включая капитальный ремонт лесозаготовительной техники производства ОАО «Амкодор», в том числе капитальный ремонт двигателей, ремонт гидромеханических коробок передач, ремонт и регулировку топливной системы, ремонт мостов, редукторов отбора мощности, демпферов, ремонт гидравлических и пневмотических сис-

тем, осуществляется на ЗАО «Амкодор-Спецсервис». Представители компании проводят ТО техники в полевых условиях в полном объеме, в том числе с проведением сварочных работ, а также консультируют заказчиков по правильной эксплуатации техники. На предприятии функционируют два экипажа работающие по вахтовому методу, которые выполняют техническое обслуживание новой техники производства ОАО «Амкодор» в течение гарантийного и послегарантийного периода.

Принципиально обслуживание и ремонт лесозаготовительной техники ОАО «Минский тракторный завод» и ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга» организовано с учетом мирового опыта и осуществляется через дилерские центры и сервисные центры как в Республике Беларусь, так и за ее пределами. В настоящее время действующая сервисная сеть ОАО «Минский тракторный завод» насчитывает более 300 дилерских центров в более чем 50 странах мира, а ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга» – более 110.

Ряд сертифицированных дилерских центров имеют: службы, цеха или участки гарантийного ремонта и восстановления деталей и узлов лесных машин; участки по испытанию и регулировке топливной и гидроаппаратуры, испытанию дизелей, коробок перемены передач и других тракторных узлов; склады запасных частей для ремонта тракторов и отдельные склады резервного (гарантийного) фонда, которые периодически пополняются; учебные классы для подготовки специалистов по ремонту и обслуживанию лесозаготовительной техники. Следует отметить, что дилерские центры используют только оригинальные запасные части при устранении отказов.

Учитывая, что простой техники всегда является причиной снижения производительности труда и влечет за собой убытки, то для ремонта специализированной техники, ее обслуживания и диагностики кроме вышеперечисленных существует ряд частных предприятий и компаний, располагающие высококвалифицированным техническим персоналом и специализированным сервисным автотранспортом, которые занимаются ремонтом и обслуживанием лесной техники различных производителей.

Также с целью снижения затрат на техническое обслуживание лесных машин в настоящее время ведется работа по совершенствованию отдельных узлов и агрегатов. В ближайшей перспективе компания ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга» планирует увеличить периодичность, уменьшить кратность проведения технических воздействий и, соответственно, скорректировать перечень выполняемых операций технического обслуживания и их трудоемкость.

УДК 630*383.4

П. А. Лыщик, В. В. Игнатенко, Е. И. Бавбель, А. И. Науменко
(БГТУ, г. Минск)

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ГРУНТОБЕТОНА

К настоящему времени накоплен большой опыт по применению как органических, так и неорганических вяжущих материалов для укрепления грунтов, используемых в дорожных конструкциях. Практика показала, что цементогрунтовые покрытия можно использовать на лесных автомобильных дорогах при условии защиты их слоем износа от непосредственного воздействия колес автопоезда. Однако технология укрепления грунта цементом до сих пор не получила широкого применения при строительстве лесных дорог.

Решающее значение для широкого применения в практику дорожного строительства цементогрунтовых слоев имеют следующие факторы: существенное снижение потребности в цементе при укреплении местных грунтов, высокие прочностные и деформативные свойства цементогрунта, соответствующие тяжелым условиям эксплуатации лесных дорог. Решение данных задач возможно при обосновании структуры и состава дорожной цементогрунтовой смеси на основе математической модели.

В результате проведены экспериментальные исследования и получены аналитические и графические зависимости физико-механических свойств укрепленных местных грунтов композиционным вяжущим различного гранулометрического состава, исходной влажности и др.

Разработанная математическая модель структурообразования цементогрунта позволяет осуществлять прогноз эксплуатационных свойств будущей дорожной конструкции и имеет следующие преимущества:

- возможность выбора местных грунтов, наиболее пригодных для укрепления;
- более точное дозирование и равномерное распределение композиционного вяжущего в цементогрунте;
- возможность некоторого уменьшения дозировки вяжущих и других компонентов за счет применения отходов промышленных производств с обеспечением требуемого модуля упругости и прочности дорожной конструкции;
- снятие экологического налога с предприятий за счет использования их отходов при получении композиционного цемента;
- получение потенциального экономического эффекта до 92,72 млн.руб./км при строительстве лесных автомобильных дорог из местных грунтов, укрепленных композиционным вяжущим.

УДК 630*383.4

П. А. Лыщик, А. И. Науменко
(БГТУ, г. Минск)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В использовании местных грунтов, низкопрочных каменных материалов и минеральных побочных продуктов производства заложен большой резерв совершенствования дорожного строительства. Основным направлением в решении этой проблемы следует считать применение укрепленных материалов, которое показало большую технико-экономическую перспективность дорожных одежд с конструктивными слоями из таких материалов.

Наиболее перспективно их использование при устройстве оснований под дорожные покрытия, морозозащитных и капиллярорпрерывающих слоев, при укреплении верхних слоев земляного полотна лесных автомобильных дорог и т. д. при этом необходимо подчеркнуть, что использование грунтов, обработанных теми или иными вяжущими, является лишь одним из возможных технических решений при выполнении инженерных задач. Так, например, при устройстве дорожных одежд равнопрочные конструктивные слои могут быть созданы из каменных материалов, деревянных настилов и т. д. Наряду с этими способами могут быть использованы привозные или местные грунты, обработанные вяжущими материалами.

Очень часто сегодня используют комбинации таких композиционных материалов. Так, например, при устройстве дорожных конструкций на слабых грунтах применяется дорожная одежда с использованием геосинтетических материалов. Устройство дорожной одежды, состоящей из верхнего слоя зернистого материала (щебня) и нижнего слоя, выполненного из георешетки ячеистой конструкции, ячейки которой заполнены песком.

В результате проведенных исследований была разработана дорожная конструкция лесной автомобильной дороги с использованием георешетки ячеистой конструкции. При этом засыпка ячеек осуществлялась песчано-цементной смесью на основе разработанного композиционного вяжущего, состоящего из портландцемента и микронаполнителя. В качестве микронаполнителя использовались отходы, образующиеся на Ошмянской ТЭЦ от сжигания фрезерного торфа в топах кипящего слоя.

Для проверки результатов лабораторных исследований в производственных условиях был построен опытный участок лесной автомобильной дороги длиной 200 м в Негорельском учебно-опытном лесхозе.

УДК 630*383.4

П. А. Лыщик, Е. И. Бавбель, А. И. Науменко
(БГТУ, г. Минск)

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Разработанная методика базируется на методах математического программирования и позволяет определять оптимальные параметры проектируемой лесной автомобильной дороги с учетом проектной нагрузки на дорогу, природных условий по оси трассы, стоимости и расстояния доставки материалов, затрат на производство различных видов работ, возможностей применения современных синтетических нетканых упрочняющих материалов и других факторов.

Обобщенным критерием эффективности в расчетах принимается итоговая стоимость строительства лесной автомобильной дороги, являющаяся суммой стоимостей строительства отдельных участков в разных почвенно-грунтовых и гидрологических условиях. Причем стоимость строительства конкретного участка является оптимальной в данных условиях. Оптимизация заключается в регулировании толщин и методов укрепления слоев земляного полотна, основания и покрытия дорожной одежды с соблюдением ограничений по требуемому модулю упругости, технологичности, минимальному возвышению, морозоустойчивости.

Учет большого числа факторов позволяет при использовании данной методики анализировать и сравнивать различные варианты принимаемых технических решений, связанных с обоснованием конструкции дорожного полотна в каждой точке трассы, применением многих видов материалов из различных источников, целесообразности упрочнения с помощью нетканых материалов, георешеток и т. п.

Определены критерии оценки эффективности применения тех или иных вариантов проектов лесных автомобильных дорог. При этом в качестве основных направлений оценки рассматривались экономическая эффективность, качество и проектный срок службы лесных дорог, доступность материалов для строительства, а также экологическая совместимость применяемых технологий с различными природно-производственными условиями.

Таким образом, в результате решения поставленной задачи определяются оптимальные толщины слоев дорожной конструкции, подбираются карьеры для строительства и, если необходимо, способ упрочнения, соответствующие минимальным затратам на строительство участка с учетом начальных условий местности.

УДК 630

С.П. Мохов, доц., к.т.н; С.Н. Пищов, доц., к.т.н.,
Д.А. Кононович, маг., Жданович В.А., студ.
(БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ФОРВАРДЕРОВ

Технический прогресс в современном высокомеханизированном лесозаготовительном производстве сегодня не мыслим без надежно работающих машин и оборудования. Выпуск и совершенствование лесных машин идет по пути их максимальной приспособляемости к эксплуатационным технологическим условиям работы. В настоящий момент в Республике Беларусь лесозаготовительная техника выпускается на таких машиностроительных предприятиях, как ОАО «МТЗ» и ОАО «Амкодор».

Особенностью конструкции погрузочно-транспортных машин является модульный принцип их создания. Такие машины состоят из энергетического модуля, с унифицированными двигателями, бортовым редуктором, коробкой передач, гидроприводом, карданными валами, колесами и технологического модуля, на котором располагается технологическое оборудование форвардера.

Большинство современных погрузочно-транспортных машин представляют собой колесное шасси с шарнирно-сочлененной рамой и колесной формулой 4К4, 6К6 или 8К8. В зависимости от мощности двигателя их можно разделить на группы: до 50 кВт - легкие, 75 кВт - средние и свыше 75 кВт - тяжелые. Такое разнообразие применения погрузочно-транспортных машин по мощности двигателя диктуется эксплуатационными условиями.

Для повышения проходимости форвардера по грунтам с низкой несущей способностью применяются цепи противоскольжения и легкоъемные металлические гусеницы. Для снижения удельного давления на грунт в форвардере увеличивают ширину профиля шины, уменьшают давление в шине, применяют легкоъемные металлические гусеницы.

Погрузочно-транспортные машины отечественного производства, как правило, снабжены механическими или гидромеханическими трансмиссиями. На лесозаготовительных машинах, выпускаемых ОАО «Амкодор», применяется гидромеханическая трансмиссия собственного производства.

Для того, чтобы трактор мог преодолевать большие препятствия без отрыва колес от земли, в конструкцию введен шарнирно-подвешенный передний мост. У трехосных колесных лесных машин заднейполураме устанавливаются балансирные тележки. Установка тележек, помимо уменьшения удельного давления на грунт позволяет улучшить проходимость и устойчивость машины.

Дорожный просвет базовых машин колеблется в пределах от 0,5 до 0,8 м. Увеличение дорожного просвета у лесных машин с механической трансмиссией достигается за счет диаметра колес или установки ступенчатых колесных редукторов. Важными требованиями являются малый радиус поворота и хороший обзор из кабины водителя.

Отечественные форвардеры, как правило, оснащены гидравлическими манипуляторами комбинированного типа с телескопической рукоятью (фирмы KESLA.), ротатором и захватным устройством. Гидравлический манипулятор с захватом, на большинстве форвардеров располагается на задней полураме перед грузовой платформой и отделяется от нее ограждением. Расположение гидравлического манипулятора на погрузочно-транспортной машине зависит от таких требований, как обзорность, удобство в управлении и производительность.

Современные гидравлические манипуляторы оснащены механизмом поворота рабочего органа (ротатором). Ротаторы, в зависимости от степени поворота могут быть полноповоротные и с ограниченным углом поворота. Наиболее широкое распространение получили полноповоротные ротаторы, основным преимуществом, которых является безопасность и удобство управления.

Рабочим органом для захвата и удержания лесного груза в лесных погрузочно-транспортных машинах является захватное устройство (грейфер). Грейферы в зависимости от вида захватываемого груза могут быть радиальные, торцовые, ковшовые. От типа его челюстей – двух и многочелюстные. На погрузочно-транспортных машинах применяются в основном радиальные грейферы, предназначенные для захвата круглых лесоматериалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков, А.В. Теория лесных машин: учеб. пособие / А.В. Жуков. – Минск: БГТУ, 2001. – 640 с.
2. Мохов, С.П. Анализ тенденций развития конструкций многооперационных лесозаготовительных машин. / С.П. Мохов, С.А. Голякевич, С.Н. Пищов, С.Е. Арико// Труды БГТУ. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2012. – №2. – С. 18-20.

УДК 630*36

С.П. Мохов, зав. кафедрой ЛМиТЛЗ, канд. техн. наук
С.Е. Арико, ст. препод., канд. техн. наук,
М.К. Асмоловский, доц., канд. техн. наук,
Д.А. Кононович, магистрант
(БГТУ, г. Минск)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ФОРВАРДЕРА 4К4 ПОВЫШЕННОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Для повышения эффективности проведения рубок леса в условиях ОАО «Минский тракторный завод» ведется работа по созданию погрузочно-транспортной машины грузоподъемностью 7 т. С целью определения эксплуатационных свойств опытного образца погрузочно-транспортной машины (рис. 1) и нагруженности элементов несущих конструкции, установления наиболее нагруженных операций технологического цикла проводились предварительные и экспериментальные исследования. Испытания включали выполнение транспортных и технологических операций с использованием современного многофункционального специализированного измерительного оборудования на основе разработанных программ и методик испытаний.



Рис. 1. Опытный образец погрузочно-транспортной машины

Вес сортиментов, используемых при проведении исследований подъема и опускания сортиментов манипулятором погрузочно-транспортной машины, определялась путем их подвеса к датчику силы НВМУ9В (рис. 2). Регистрация вертикальных и горизонтальных ускорений производилась потенциометрическими датчиками МР-95.

Деформации в элементах несущих конструкций машин регистрировались посредством единичных тензорезисторов и тензометрических прямоугольных розеток, составленных на их основе. Термокомпенсационные тензорезисторы располагались в непосредственной близости к местам измерений, что позволило уменьшить вероятность их работы при разных температурах.



Рис. 2. Определение массы сортиментов

В соответствии с проведенными исследованиями установлено, что в случае преодоления единичных неровностей высотой 0,2 м передним колесом полностью груженого форвардера, в месте установки тензометрической розетки на шарнире сочленения полурам форвардера возникают нормальные и касательные напряжения, динамическая составляющая которых не превышает 0,7 МПа при скорости движения 1,4 м/с. Величина регистрируемых касательных напряжений при переезде данной неровности задним колесом форвардера в 1,8 – 2,0 раза ниже, чем передним, что обусловлено параметрами компоновочной схемы погрузочно-транспортной машины: консольным расположением центра тяжести энергетического модуля и значительной удаленностью его задней оси. При этом динамическая нагруженность шарнира полурам при движении форвардера с сортиментами длиной 4 м ниже в 1,27 раза, чем при движении с сортиментами длиной 6 м при аналогичной массе транспортируемого лесоматериала.

Проведенные экспериментальные исследования позволили оценить нагруженность несущей конструкции и установить зависимости изменения действующих напряжений в шарнире полурам при выполнении различных операций технологического цикла.

УДК 630*36

С.Е. Арико, ст. препод, канд. техн. наук,
С.П. Мохов, зав. кафедрой ЛМиТЛЗ, канд. техн. наук,
А.И. Смян, доц., канд. техн. наук,
Н.А. Миронюк, студент
(БГТУ, г. Минск)

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ БАЗОВОГО ШАССИ ВАЛОЧНО-СУЧКОРЕЗНО-РАСКРЯЖЕВОЧНОЙ МАШИНЫ

Одним из основополагающих факторов, влияющих на эксплуатационные свойства лесных машины, является правильный выбор параметров базового шасси, которое может быть колесным, гусеничным, комбинированным и шагающим. Среди них наибольшее распространение получили колесные и гусеничные лесные машины, область эксплуатации которых ограничивается природно-производственными условиями.

Гусеничные движители лесных машин нашли широкое распространение на территории бывшего Советского Союза, в США, Канаде, Новой Зеландии, Австралии и Великобритании. Применение данной техники, по причине меньшего удельного давления на почвогрунты и повышенной проходимости, позволяет заготавливать древесину в условиях труднодоступного лесосечного фонда.

Особое место в лесозаготовительной отрасли занимают колесные лесные машины. Их применение позволяет увеличить скорости движения техники, снизить затраты на ее приобретение и эксплуатацию, что позволяет повысить производительность машин при выполнении операций лесозаготовительного процесса и снизить себестоимость заготовки древесины. Повышение проходимости колесных лесных машин достигается за счет установки на шины цепей противоскольжения и (или) легкоъемных гусениц на балансирную тележку (комбинированный тип движителя).

На выбор параметров базового шасси существенное влияние оказывают следующие факторы: условия эксплуатации; вид рубки; порода, диаметр, высота и объем дерева; мощностные, массовые и геометрические параметры устанавливаемого технологического оборудования (харвестерной головки и гидроманипулятора); требования нормативной документации.

На основе проведенных исследований установлено, что на процесс взаимодействия валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины с деревом существенное влияние кроме внешних силовых факторов оказывает выбор устанавливаемых шин. Для условий Республики Бе-

ларусь при выборе базового шасси следует отдавать лесным машинам с колесной формулой 4К4 при проведении рубок промежуточного пользования и 6К6 – рубок главного пользования. Учитывая, что особенно высокие требования предъявляются к харвестерам, предназначенным для проведения рубок промежуточного пользования, были проведены исследования, позволившие установить основные параметры базовых шасси для перспективных валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин осуществляющих данный вид рубок (табл. 1).

Таблица 1. Основные параметры валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин для рубок промежуточного пользования

Параметр	Диапазон изменения параметров для соответствующего вида рубки			
	Прочистка и прореживание	Проходная	Выборочная санитарная	Рубка ухода в типичном древостое
Ширина шин, мм	405–600	500–700	600–800	500–700
Рекомендуемая габаритная ширина харвестера, м	2,08–2,24	2,36–2,84	2,84–3,2	2,24–2,72
Полная масса харвестера при установке технологического оборудования, кг	4357–5127	5342–7877	6253–10538	4448–6798
Мощность устанавливаемого двигателя, кВт	33–72	63–138		47–104

Так для обеспечения требований СТБ 1361-2002 «Устойчивое лесопользование и лесопользование. Рубки ухода за лесом. Требования к технологии» и ТКП 143-2008 «Правила рубок леса в Республике Беларусь» при применении одной модели харвестера на проходных и выборочных санитарных рубках его ширина должна составлять не более 2,84 м, при этом обеспечивая максимальный вылет при втянутом телескопическом удлинителе около 7,1 м и более 8,4 м – при вытянутом. Массовые параметры данной машины должны находиться в диапазоне от 6253 кг до 7877 кг.

При выборе мощности следует стремиться к максимальной из указанного в табл. 1 диапазона, что позволит осуществлять совмещение ряда операций технологического цикла, а также обеспечит работу двигателя на средних оборотах, снижая при этом нагрузку и удельный расход топлива.

УДК 630*383:625.7

А. И. Драчиловский, ассистент (БГТУ, Минск)

ТЕОРИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАСЫПЕЙ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ТОРФЯНЫМИ ОСНОВАНИЯМИ

Во время отсыпки грунта насыпи на слабое основание происходит его неравномерное внедрение в основание. Насыпь в этом случае проседает из-за уплотнения грунта или выжимания его в стороны. Это приводит к деформации грунтового основания и как следствие разрушение дорожной конструкции.

Уменьшить величину просадки и добиться более равномерной осадки грунта в основание можно путем применения геотекстильной прослойки. Величина просадки прослойки с насыпью может быть уменьшена за счет применения геотекстильных материалов с различной жесткостью и степенью растяжения. В этом случае при просадке насыпи будет происходить погружение в основание и кроев прослойки, которое повлечет за собой выдавливание отсыпаемого грунта в стороны и смешивание его с грунтом основания, что также в дальнейшем приведет к разрушению дорожной конструкции.

Для обеспечения равномерной осадки насыпи в торфяное основание, необходимо производить постепенную отсыпку грунта по схеме «от себя». Применение при строительстве дорожной конструкции по данной технологии геосинтетического материала позволит произвести разделение грунта основания с отсыпаемым грунтом, а также даст возможность предварительного натяжения материала за счет его раскатки на ширину рулона, кроме того, позволит получить равномерно распределенную нагрузку отсыпаемого грунта насыпи на слабое основание.

Для оценки зависимости деформативности торфа воспользуемся формулой, предложенной М. А. Шапошниковым:

$$S = \frac{\sigma_z}{E} H, \quad (1)$$

где σ_z – нагрузка, действующая на торф, МПа; E – модуль деформации торфа, МПа; H – глубина заложения торфа, м.

В данной формуле заменим:

$$S = \frac{\sigma_z}{E} H = \frac{gm}{BLE} H = \frac{gV\rho}{BLE} H = \frac{gBLH_n\rho}{BLE} H = \frac{gH_n\rho}{E} H.$$

В итоге получаем осадку торфа, зависящую от высоты насыпи и плотности грунта.

УДК 630*372

А. О. Шошин, магистрант
(БГТУ, г. Минск)

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ТЯГОВО-МОЩНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНЫХ КАНАТНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ УСТАНОВОК

При проектировании мобильных канатных трелёвочных установок (МКТУ) важно знать их основные параметры для работы в равнинных условиях. Для достижения поставленной цели были изучены конструкции и технические характеристики МКТУ, применяемых в мировой лесозаготовительной практике, выполнен патентный поиск. Для выявления основных взаимосвязей между параметрами был выполнен регрессионный анализ тягово-мощностных параметров МКТУ. Наибольший интерес представляют следующие характеристики: масса установки, её мощность, тяговое усилие и скорость перемещения лесоматериалов [1]. В качестве наличия связи принималось значение критерия Пирсона равное или большее 0,8.

При выполнении исследований были получены следующие результаты: для зависимости тягового усилия от массы установки уравнение регрессии принимает вид $y = 0,0921x + 15,755$, критерий Пирсона составил 0,81; при определении зависимости мощности от тягового усилия уравнение регрессии принимает вид $y = 0,8872x - 5,8271$, критерий Пирсона 0,77; при исследовании зависимости мощности привода от скорости уравнение имеет вид $y = -52,384x + 79,782$, критерий Пирсона составил 0,26; результатом исследования зависимости тягового усилия от скорости стало уравнение регрессии вида $y = 4,0773x + 18,224$, критерий Пирсона 0,2.

Установлена высокая связь между тяговым усилием и массой МКТУ, даже с учётом того, что масса канатной установки кроме лебёдки ещё включала массу вспомогательного оборудования, трелёвочной мачты и канатов. При выполнении исследований также было замечено, что при одной и той же массе лебёдок, значения тягового усилия некоторых моделей отличались на 20-30 кН. Это связано с различными технологиями работы, а также с использованием высокопрочных и дорогих материалов, которые позволяют уменьшать размеры составных частей оборудования.

Также хорошая связь отмечается между мощностью и тяговым усилием МКТУ. Для самоходных установок характерно то, что основная доля мощности от ВОМ направлена к лебёдке и расходуется на создание тягового усилия, т.е. на выполнение операций рабочего цикла. Однако в данном случае на мощность двигателя влияют и другие

факторы, в том числе и скорость. При этом было замечено, что при одинаковом усилии тяги мощность в некоторых случаях отличалась в 1,5-2 раза. Это объясняется тем, что при равных значениях тяги у отдельных моделей значительно отличались величины скорости перемещения груза.

Не выявлена взаимосвязь между мощностью установки и скоростью перемещения лесных грузов. Отсутствие связи в этом случае объясняется тем, что в каждом конкретном случае для МКТУ мощность базовой машины часто используется на преодоление сложных, труднопроходимых участков леса и, в некоторых случаях, может значительно превышать мощность, требуемую для привода лебёдки. Также при анализе зависимостей было замечено, что для моделей одного производителя при увеличении силы тяги скорость перемещения оставалась неизменной, что и предопределяет отсутствие связи.

Одним из важных аспектов обеспечения рационального и высокопроизводительного технологического процесса является грамотное техническое сочетание требуемой силы тяги с обеспечением технической возможности скорости перемещения лесных грузов. Отсутствие регрессионной связи между приведенными техническими характеристиками объясняется диаметрально противоположными требованиями и тем, что необходимо учитывать не только тягово–мощностные параметры, но и технологические особенности работы МКТУ. При разработке лесосек большинством мобильных канатных установок трелёвка осуществляется в полуподвесном положении. В такой ситуации при увеличении тягового усилия производительность возрастает быстрее, чем при увеличении скорости перемещения. При этом скорость трелёвки в полуподвесном положении ограничивается требованиями охраны труда и значительными колебаниями, возникающими в процессе перемещения лесоматериалов.

Полученные результаты на стадии проектирования МКТУ позволяют с определённой уверенностью использовать прогнозные значения тягово–мощностных характеристик и выбирать наиболее рациональные в зависимости от природно–производственных условий и планируемой технологии работ. Они могут быть полезны для конструкторов и производителей лесной техники при создании отечественной мобильной канатной трелёвочной установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рахманов С. И. Основы расчёта оборудования лесозаготовок / С. И. Рахманов, К. Ф. Гороховский, Н. В. Лившиц. – Москва: Лесная промышленность. – 1973. – 192 с.

УДК 630*372

А.С. Федоренчик, проф., канд. техн. наук;
П.А. Протас, доц., канд. техн. наук;
А. О. Шошин, магистрант
(БГТУ, г. Минск)

КАНАТНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУПОДВЕСНОЙ ТРЕЛЕВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

Из практики лесозаготовительных работ известно, что технологический процесс заготовки древесины имеет серьезную зависимость от сезонности периодов года. Большая часть древесины заготавливается в зимний период при отрицательных температурах окружающего воздуха. Это связано с тем, что значительная часть территории лесосечного фонда Республики Беларусь находится на грунтах с низкой несущей способностью, при этом также дополнительное влияние на возможность разработки оказывают климатические перепады. В такой ситуации применение техники, которая имеет контактное взаимодействие с лесными почвогрунтами, не всегда является целесообразным с экологической точки зрения. Из всех существующих средооадающих систем машин (вертолеты, аэростаты, минитехника, канатные установки и др.) относительно капиталоекономичной и производительной является комплекс заготовительного оборудования «бензиномоторная пила – канатная установка».

Для изучения вопроса применения канатных установок для трелевки древесного сырья был проведен широкий патентный поиск данного оборудования, проработана литературная база разработок СССР, России, стран Запада и США, изучены специализированные интернет ресурсы. Кафедра ЛМ и ТЛЗ принимала участие в проектировании канатной установки МТК-431 на базе трактора БЕЛАРУС Л1221. Однако данная машина еще не выпущена в серию и прошла только полигонное апробирование. В Республике Беларусь накоплен некоторый опыт применения канатных установок в Брестском и Лидском лесхозах, а также в ОАО «Лунинецлес».

Изучение основных конструкций оборудования и способов трелевки, анализ их достоинств и недостатков позволили определить основные направления совершенствования канатных трелевочных установок. В частности, такие установки должны обладать следующими свойствами: обеспечивать заготовку древесины с зоны, кратно превышающей ширину пасеки основных аналогов; иметь невысокие затраты на монтаж-демонтаж; обладать достаточной производительностью для выполнения плановых показателей; быть простыми в обслу-

живании и управлении; технология работы должна быть максимальна приближена к уже применяющейся для уменьшения времени переподготовки кадров; быть ремонтпригодными в обслуживании; быть унифицированными для установки на базовых машинах одного типажа.

С учетом приведенных требований предложена конструкция канатной установки для трелевки древесины состоящая из базовой машины и смонтированной на трехточечной навеске лебедки с приводом от ВОМ, двух головных и двух тыловых мачт, двух несущих, двух тягово-подъемных и одного возвратного канатов, двух кареток, растяжек мачт, обводных блоков, двух наборов чокеров разной длины.

Отличительными особенностями предлагаемой канатной трелевочной установки являются:

- отсутствие фактических холостых ходов за счет соединения кареток двух параллельных линий возвратным канатом и обеспечения принципа непрерывности работы;

- возможность изменения стрелы провеса каната;

- отсутствие трелевочной мачты на тракторе, что в значительной мере облегчает конструкцию;

- наличие тягово-подъемного каната, что упрощает конструкцию за счет объединения функций канатов;

- конструкция канатной установки позволяет вести заготовку с зоны, равной четырехкратной высоте дерева, при трелевке хлыстами/деревьями против двухкратной у ближайших аналогов;

- использование крюковой подвески между кареткой и грузом для уменьшения силы тяги;

- использование полиспаста между головной мачтой и лебедкой для облегчения конструкции и увеличения силы натяжения несущего каната.

Дальнейшая работа будет направлена на коммерциализацию предлагаемой конструкции и технологии. В частности будет выполнена оценка экономической эффективности установки при эксплуатации ее в условиях заболоченного лесфонда, а также проведены исследования по обоснованию параметров оборудования для возможности его создания на машиностроительных предприятиях страны.

Внедрение предлагаемой канатной установки позволит обеспечить ритмичную заготовку древесного сырья в Республике Беларусь при различных природных и технико-производственных условиях в течение календарного года.

УДК 630*383:625.7

М. Т. Насковец, доц., канд. техн. наук;
Н. И. Жарков, доц., канд. техн. наук;
Г. С. Корин, ассистент
(БГТУ, г. Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ ГОЛХУ «МОЗЫРСКИЙ ОПЫТНЫЙ ЛЕСХОЗ»

Государственное опытное лесохозяйственное учреждение «Мозырский опытный лесхоз» Гомельского производственного лесохозяйственного объединения расположен в юго-западной части Гомельской области на территории Мозырского и части Петриковского административных районов.

Протяженность территории лесхоза с севера на юг 37 км и с запада на восток – 70 км. Лесхоз граничит на севере с Петриковским и Калинковичским лесхозами, на юге – с Ельским и Наровлянским, на западе – с Лельчицким и на востоке – с Калинковичским лесхозами.

Основная часть территории лесхоза характеризуется густой сетью автомобильных дорог. Общая протяженность автомобильных дорог, проходящих по территории лесхоза равна 2395 км, из которых республиканские составляют 92 км, местные – 220 км, естественные лесные – 2014 км. Лесхозом было построено 69 км дорог проходящих в границах лесного фонда лесхоза, из которых 2,2 км дорог передано на баланс ДРСУ-186. Густота дорожной сети на 100 га общей площади лесхоза составляет 2,491 км.

Наименее доступными для заготовки и вывозки древесины являются лесные массивы Махновичского, Осовецкого и Романовского лесничеств, где лесхозу следует максимально использовать для этих целей наиболее благоприятные с точки зрения транспортной доступности поры года: зиму и лето. На основании этого по согласованию с руководством Мозырского лесхоза, для строительства опытных объектов было выбрано Романовское лесничество. В данном лесничестве решено было применить для строительства конструкции II и VIII.

В кварталах № 21, 30 и 31 данного лесничества были выбраны места для строительства двух участков лесных дорог.

Перед началом строительства опытных объектов проводилась планировка основания посредством срезания валов, образовавшихся из выдавленного из колеи грунта

Строительство осуществлялось при помощи двух фронтальных погрузчиков и двух автосамосвалов. Одним погрузчиком осуществлялась разработка карьера и погрузка песка в автосамосвалы, которые далее транспор-

тировали его до места строительства. Второй погрузчик осуществлял планировку основания, засыпку колеи и ям привозным грунтом.

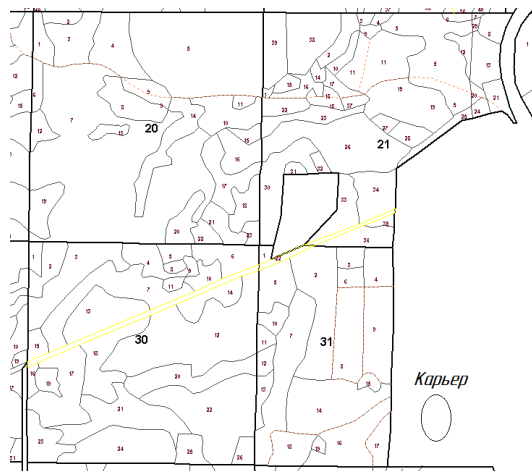


Рис. 1 Схема места закладки опытных объектов на территории Романовского лесничества

Далее на подготовленное основание раскатывали геосинтетический материал «СпанБел» отечественного производства. Применение данного материала при строительстве позволит: разделять слои дорожной конструкции; перераспределения давления от транспорта и дорожной одежды на большую площадь слабо подстилающего грунта; является эффективным решением, позволяющим использовать все положительные свойства местных строительных материалов с целью снижения стоимости строительства.



Рис. 2 Раскатка геосинтетического материала

Влияние геотекстильных прослоек на прочность объясняется тем, что при деформировании подстилающего грунта они растягиваются и воспринимают часть нагрузки, перераспределяя её на значительно большую площадь грунта. При этом грунт с низкой прочностью под прослойкой оказывается менее нагруженным чем грунт под дорожной одеждой без прослойки.

Хворостяная выстилка увеличивает жесткость прослойки передаче нагрузки на слабое основание, что снижает удельное давление.

УДК 630*2:502.174

П.А. Протас, доц., канд. техн. наук;
А.С. Федоренчик, проф., канд. техн. наук;
А. В. Ледницкий, доц., канд. экон. наук
(БГТУ, г. Минск)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ВЕТРОВАЛЬНО-БУРЕЛОМНЫХ ЛЕСОСЕК

С целью своевременной организации и качественного выполнения в Республике Беларусь работ по ликвидации последствий ветровалов и буреломов, выполнения основных задач развития лесозаготовительного производства в системе Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь необходимо разработать и внедрить ресурсосберегающие технологии освоения ветровально-буреломных лесосек на базе современных отечественных и перспективных зарубежных систем машин.

При этом для рационального выбора эффективных технологий и систем машин требуется разработка научно-обоснованной системы критериев оценки эффективности технологических процессов освоения ветровально-буреломных лесосек и рекомендаций по выбору и применению систем машин в различных условиях эксплуатации.

В рамках выполнения НИР БС 11-207 «Разработать и внедрить ресурсосберегающие технологии освоения ветровально-буреломных лесосек на базе современных систем машин» выполнена оценка экономической эффективности применения различных систем машин, с учетом которой разработаны рекомендации по выбору технологий и формированию систем машин при освоении ветровально-буреломных лесосек с высокой степенью использования древесной биомассы.

Разработанные рекомендации определяют условия выбора технологии разработки ветровально-буреломных лесосек, формирование систем машин и механизмов с учетом эксплуатационных условий, организацию работы. В них также излагаются требования по технике безопасности, охране труда, окружающей среды и пожарной безопасности для персонала, осуществляющего разработку лесосек.

В качестве примера ниже приведены некоторые пункты, разработанных рекомендаций.

Применение системы машин «бензопила – трелевочный трактор с чокерной оснасткой» целесообразно на лесосеках со средним объемом хлыста до $0,5 \text{ м}^3$ и на грунтах II и III типов местности при разработке смешанных и мягколиственных насаждений. Выбор трелевочных машин следует осуществлять исходя из среднего объема хлыста и почвенно-грунтовых условий. При этом в любом случае трелевочные машины должны оснащаться лебедкой с длиной собирающего каната не

менее 40 м или манипулятором с вылетом не менее 6 м и грузовым моментом 50–100 кН·м, а также толкателем.

Применение машинных комплексов при разработке ветровально-буреломных лесосек наиболее оправдано с точки зрения безопасности труда, производительности и сроков выполнения работ. Однако эффективность применения дорогостоящих многооперационных машин значительно ниже, чем в обычных условиях разработки лесосек, поэтому их применение должно быть обоснованным технико-экономическими расчетами. При использовании системы машин «харвестер – форвардер» для разработки ветровально-буреломных лесосек применяют машины по возможности с большим сроком эксплуатации, так как износ оборудования в таких условиях резко повышается.

С учетом того, что при освоении ветровально-буреломных лесосек имеется значительное количество низкокачественной древесины, рекомендуется применять в системе машин мобильные рубильные машины или комбинированные сучкорезно-окорочно-рубильные машины (при запасе древесины на лесосеке не менее 1000 м³), что позволит обеспечить рациональное использование древесной биомассы.

Компоновать машины в системы по их маркам и количеству необходимо с соблюдением основных принципов составления систем машин: производительность должна быть по возможности равной или кратной, при этом не допускается простой многооперационных или более дорогостоящих машин; машины в системе при прочих равных условиях должны быть на одной базе с учетом ремонтпригодности и взаимозаменяемости узлов и деталей; габариты и радиусы поворотов машин не должны иметь значительные расхождения и др.

Харвестер Samro 1066X, Deere & Company 1070E и другие с аналогичными техническими характеристиками рекомендуется применять в насаждениях со средним объемом хлыста до 0,3 м³, при разработке ветровально-буреломных лесосек средней и сильной степени повреждения (ввиду малого радиуса поворота и хорошей маневренности машин), а также в лесах, не достигших возраста спелости со слабой степенью повреждения, где необходимо максимально сохранить жизнеспособный древостой, оставляемый на доразращивание. В этих же условиях может применяться харвестер Амкодор 2541.

В условиях низкой несущей способности грунтов (II–III типы местности) рекомендуются харвестеры с колесной формулой 8K8 (например Ponsse Ergo 8K8).

Учитывая специфику освоения ветровально-буреломных лесосек вылет манипулятора харвестера должен быть не менее 9 м, а масса машины для обеспечения ее устойчивости 13–16 тонн.

УДК 630*31:504.61:62

П.А. Протас, доц., канд. техн. наук;
Ю.И. Мисуно, студ.
(БГТУ, г. Минск)

РАЗРАБОТКА ТРУДНОДОСТУПНОГО ЛЕСОСЕЧНОГО ФОНДА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ С УЧЕТОМ ПРИНЦИПОВ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ

На заготовке древесного сырья в Республике Беларусь применяются в основном машины с колесным движителем, который, при значительных преимуществах по сравнению с гусеничным, имеет существенный недостаток – высокое давление на опорную поверхность.

Однако следует отметить, что значительные площади лесосечного фонда (около 30%) находятся на труднодоступных заболоченных участках (III и IV типы местности), где невозможно эффективно эксплуатировать машины с колесным типом движителя в течение всего года как с точки зрения проходимости машин, так и ввиду лесоводственно-экологических ограничений.

Так, нормативными документами установлено допустимое давление колесных движителей в зависимости от типа местности 80–180 кПа. Проведенные исследования показали, что при давлении на опорную поверхность более 100 кПа и работе на суглинистых и глинистых грунтах практически невозможно обеспечить соблюдение принципов лесной сертификации в области экологических требований ввиду значительной деформации и уплотнения почвогрунтов. Кроме того после 5–8 проходов форвардера наблюдается разрушение волоков и, как следствие, потеря проходимости машины. Это приводит к необходимости прокладки нового волока и увеличению площади технологических элементов на лесосеке. Учитывая, что суммарная площадь технологических элементов в зависимости от вида рубки допускается не более 20 или 25% от общей площади лесосеки не всегда обеспечивается выполнение этого требования. В условиях труднодоступного лесосечного фонда разрабатывать лесосеки приходится в зимний период или летом при отсутствии значительных осадков. Однако это усложняет организацию работ, снижает ритмичность лесозаготовительного процесса и приводит к дополнительным затратам на перебазировки машин.

Одним из альтернативных методов решения данной проблемы является применение машин с комбинированными типами движителей, когда на колеса тандемной тележки одеваются легкоъемные гусеницы. Такая машина эффективно работает как колесная на песчаных и супесчаных грунтах и как колесно-гусеничная на труднодоступных участках лесфонда.

УДК 629.113.012.1:629.113.002

к.т.н. С. А. Голякевич
к.т.н. А. Р. Гороновский
к.т.н. С.Н. Пищов
(БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ФОРВАРДЕРА АМКОДОР-2662

Важнейшим условием эффективной эксплуатации машин является обеспечение их безотказной работы. Эксплуатация отечественных форвардеров выявила ряд недостатков, касающихся надежности их несущих конструкций. Согласно статистическим данным, с потерей прочности несущей конструкции связано около 15–20% их эксплуатационных отказов. Ремонт несущей конструкции форвардера в условиях лесосеки затруднителен и требует транспортировки машины в специализированные мастерские, что приводит к длительным простоям в работе, невыполнению плановых показателей предприятия и значительным экономическим потерям. С целью повышения надежности отечественных форвардеров Амкодор-2662 были проведены исследования нагруженности и напряженно-деформированного состояния их несущей конструкции.

Анализируемым элементом несущей конструкции форвардера выступал шарнир сочленения полурам. Конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния элементов шарнирного сочленения полурам производилось с использованием программного пакета конечно-элементного моделирования Ansys 12.

Для исследования динамической нагруженности шарнира использована предварительно разработанная математическая модель. Исходными данными для моделирования явились геометрические и массовые характеристики форвардера Амкодор-2662, силовые, упругие и демпфирующие свойства его составных частей.

По результатам моделирования было отобрано 3 наиболее тяжелых режима нагружения. Первый режим соответствует кососимметричному преодолению передним колесом груженого форвардера (масса пачки – 14 тонн, длина – 4 м) единичной неровности высотой 0,2 м при начальной скорости движения 0,83 м/с. Второй режим нагружения соответствует случаю разгрузки первой пачки сортиментов манипулятором, при перпендикулярном его положении относительно продольной оси форвардера и вылете 5 м. При этом масса разгружаемой пачки составляет 1367 кг, а замедление при торможении манипулятора у поверхности штабеля – $2,5 \text{ м/с}^2$. Третий режим нагружения воз-

никает при разгрузке последней пачки сортиментов массой 987 кг при вылете манипулятора 6,2 м.

С учетом особенностей сопряжения энергетической и технологической части вертикального шарнира выполнено его нагружение расчетными нагрузками. При формировании нагрузок учтено изменение направления действия вертикальной реакции и изгибающего момента в месте их приложения при деформации шарнира относительно продольной горизонтальной оси на расчетные углы, полученные с использованием модели. Усилия затяжки болтов предварительно рассчитаны на основании стандартных моментов затяжки согласно конструкторской документации.

Для оценки НДС болтового соединения трубы горизонтального шарнира и сварной конструкции вертикального шарнира выполнено моделирование предварительной затяжки 16 болтов крепления. Для болтовых соединений учтено фрикционное контактное взаимодействие головок болтов с трубой горизонтального шарнира. Коэффициент трения принят равным 0,6. Взаимодействие сварной конструкции вертикального шарнира с трубой горизонтального шарнира принято бесфрикционным. При этом в качестве допущения принято, что зазор между данными деталями отсутствует. Его наличие способно вызвать повышение напряжений в местах крепления болтов и должно исследоваться отдельно.

Моделирование НДС деталей и сопряжений на указанных режимах позволило установить значения действующих в них максимальных эквивалентных напряжений.

Установлено, что болтовые соединения трубы горизонтального шарнира со сварной конструкцией вертикального шарнира напряжены не равномерно. Наибольшие эквивалентные напряжения возникают на 5 верхних болтах. При этом на режиме разгрузочных работ, проводимых манипулятором форвардера, нагрузка на все болты распределена более равномерно, что объясняется одинаковым восприятием ими действующего крутящего момента.

В качестве модернизации конструкции шарнирного сочленения следует рассмотреть возможность установки 3-х верхних болтов соединения фланца трубы с конструкцией вертикального шарнира с большим диаметром. Следует увеличить радиус скругления галтели трубы горизонтального шарнира не менее чем до 8 мм. При этом в сочетании с увеличенной толщиной стенки трубы будет обеспечена усталостная долговечность детали не менее $7,5 \cdot 10^5$ циклов нагружения при уровне доверительной вероятности 0,9.

УДК 630*614

А.И. Хотянович, асс.
(БГТУ, г. Минск)А.А. Ермалицкий, доц., канд.техн.наук
(БНТУ, г. Минск)

ИНФРАСТРУКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВОК В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Общеизвестно, что основу планирования и организации лесного хозяйства, лесозаготовок, производства изделий из древесины должна составлять согласованная деятельность всех отраслевых субъектов хозяйствования. Целью такой вынужденной инновационной деятельности является достижение равновесия между сырьевым и экологическим потенциалом насаждений, с одной стороны, возможностями лесозаготовителей и переработчиков древесины, а также потребностями рынка в продукции лесного комплекса, с другой. Устойчивый баланс возможностей и потребностей в отрасли обеспечит ей соответствие требованиям международных стандартов.

Изменения политики и экономики лесопользования от примитивной торговли сырьем к современным технологическим процессам, маркетингу и логистике потребовал Президент Республики Беларусь А.Г. Лукашенко во время посещения 19 августа 2014 года Республиканского лесного селекционно-семеноводческого центра [1]. Следует признать, что курс на преемственность опыта Финляндии выбран объективно верный. Вместе с тем, необходимо понимать, что Финляндия – страна с глубокой историей и высокой культурой ведения лесного хозяйства, а потому с высоким доходом, получаемым от этой деятельности [2]. Бесмысленно говорить о преемственности опыта Финляндии в лесной отрасли без стремления к аналогии в сотрудничестве между научными школами, исследовательскими центрами, образовательными учреждениями и потребителями современных знаний для последующей их практической реализации.

В рамках общей стратегии развития отрасли лесозаготовительное производство имеет характерные объективно вынужденные приоритеты.

Хлыстовая и сортиментная технологии. Цель при выборе технологического процесса – эффективное использование потенциала древо-стоя в границах конкретной делянки, группы делянок. Стремление сохранить оборудование основного потока лесного склада, морально устаревшее еще в прошлом веке, часто является следствием желания руководителей предприятий сохранить комфортные условия своей деятельности.

Лесозаготовительные машины. Эффективная эксплуатация машин требует анализа и контроля производительности, качества заготавливаем-

мых лесоматериалов, предпочтения технических характеристик машин исходя из параметров мест рубок и т.д. Именно лесозаготовители должны определять стратегию развития лесного машиностроения, а не производители машин навязывать лесозаготовителям технические параметры машин, выгодные только производителям машин условия гарантии, сервиса и т.д. **Планирование лесозаготовок.** Располагая информацией о таксационных характеристиках лесосек, для целевого их освоения следует планировать места будущих рубок по характеристикам древостоев, отвечающим требованиям рынка пиломатериалов. **Логистика.** Логистика в деятельности отраслевых предприятий, характерной чертой которых является неоднородность получаемых на лесосеках лесоматериалов, обусловленная этим широкая география поставок древесины переработчикам – это не тривиальный электронный документооборот, а область глубоких знаний и предпринимаемых профессиональных действий по оптимизации потоков сырья, продукции, информации о выполненных объемах работ, израсходованных материальных ресурсах. **Методы обмера и учета заготовленных лесоматериалов.** Высокая точность измерения объемов лесоматериалов позволяет иметь прибыльный бизнес лесовладельцам, заготовителям и переработчикам древесины. С этой целью необходим постоянный контроль калибровки измерительной системы харвестера, проверки соответствующего оборудования у переработчиков древесины. **Информационное обеспечение.** Так как отрасль совмещает добывающую и перерабатывающую функции, располагает разнообразными условиями произрастания древесины и применяемым лесозаготовительным оборудованием, в основе прикладной информационной системы должна быть, в том числе, цифровая карта с характеристиками насаждений, структурой путей транспорта, местами временного хранения и погрузки лесоматериалов, пунктов переработки древесины. **Подготовка кадров.** Достижение высоких стандартов лесозаготовок требует авторитетных менеджеров и квалифицированных рабочих. Подготовка инженера, оператора, механика лесозаготовительной машины – это инновационная, перспективная для инвестиций сфера деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Президент Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Пресс-служба Президента Респ. Беларусь. – Минск, 2015. – Режим доступа : http://www.president.gov.by/ru/photo_ru/getRubric/500655/. – Дата доступа: 24.02.2015.
2. Александрович, В.М. Стандарт эффективного распила/ В.М. Александрович, А.И. Хотянович // Директор. – 2014. – № 10. – С. 18–19.

УДК 674.055:621.934(043.3)

И. И. Бавбель¹, В. В. Чаевский¹, В. В. Углов², А. К. Кулешов²

¹Белорусский государственный технологический университет

²Белорусский государственный университет

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ И КИБ ОБРАБОТКИ НА ИЗНОС ЛЕЗВИЯ СТАЛЬНЫХ НОЖЕЙ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Определены параметры электролитического синтеза из серно-кислого электролита Ni-Co-покрытий на стальную поверхность. Подобраны режимы и сформированы КИБ методом ZrN-покрытия и комбинированием гальванического и КИБ методов гальвано-ионно-плазменные ZrN-Ni-Co-покрытия на лезвиях стальных ножей дерево-режущего фрезерного инструмента.

Измеренная микротвердость комбинированных ZrN-Ni-Co-покрытий в 1,2–1,5 раза больше стальной основы. Покрытия на поверхности стальных лезвий ножей фрез уменьшают интенсивность их износа. Величина рассчитанного объемного износа лезвия ножа с ZrN-Ni-Co-покрытием при резании ламинированных ДСтП в лабораторных условиях имела более чем в 3 раза меньше значение, чем для лезвия с Ni-Co-покрытием.

Проведенные опытно-промышленные испытания на ОАО «Минскдрев» модифицированных фрез с комбинированными ZrN-Ni-Co-покрытиями на лезвиях ножей показали увеличение периода стойкости фрез при резании сосны (штапик) до 30% по сравнению с инструментом без покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Effect of ZrN and Mo–N Coatings and Sulfacyanization on Wear of Wood-Cuttung Knives / Kuleshov A. K. [et al] // Journal of Friction and Wear, 2014, vol. 35, no 3, pp. 201–209.

2. Использование комбинированных методов упрочнения инструмента для деревообработки с применением концентрированных потоков энергии / Бавбель И. И. [и др.] // Труды БГТУ. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. 2014. С. 171–174.

3. Функциональные покрытия на основе сплавов железа / Попова С. С. [и др.] // Гальванотехника и обработка поверхности. М., 2001. Т. 9. № 1. С. 34–39.

4. Кубрак П. Б., Жилинский В. В., Чаевский В. В. Осаждение износостойких покрытий сплавом Fe-Ni из сульфатных электролитов // Труды БГТУ. № 3: Химия и технология неорганических веществ. 2014. С. 51–53.

УДК 674.025: 6.74.815

А.Ф. Аникеенко, канд. техн. наук
А.А. Гришкевич, доц., канд. техн. наук
Н.В. Гаранин, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СБОРНЫХ ВИНТОВЫХ СВЕРЛ ДЛЯ СКВОЗНОГО СВЕРЛЕНИЯ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Широкое распространение древесных плитных материалов в деревообрабатывающей промышленности, в частности при изготовлении мебели обуславливает необходимость в качественном инструменте для их обработки. Кроме наличия необходимого, инструмента на сегодняшний день, очень важно иметь обоснованные режимы его эксплуатации позволяющие получать высокое качество обработки при минимальных затратах энергии и максимальной производительности.

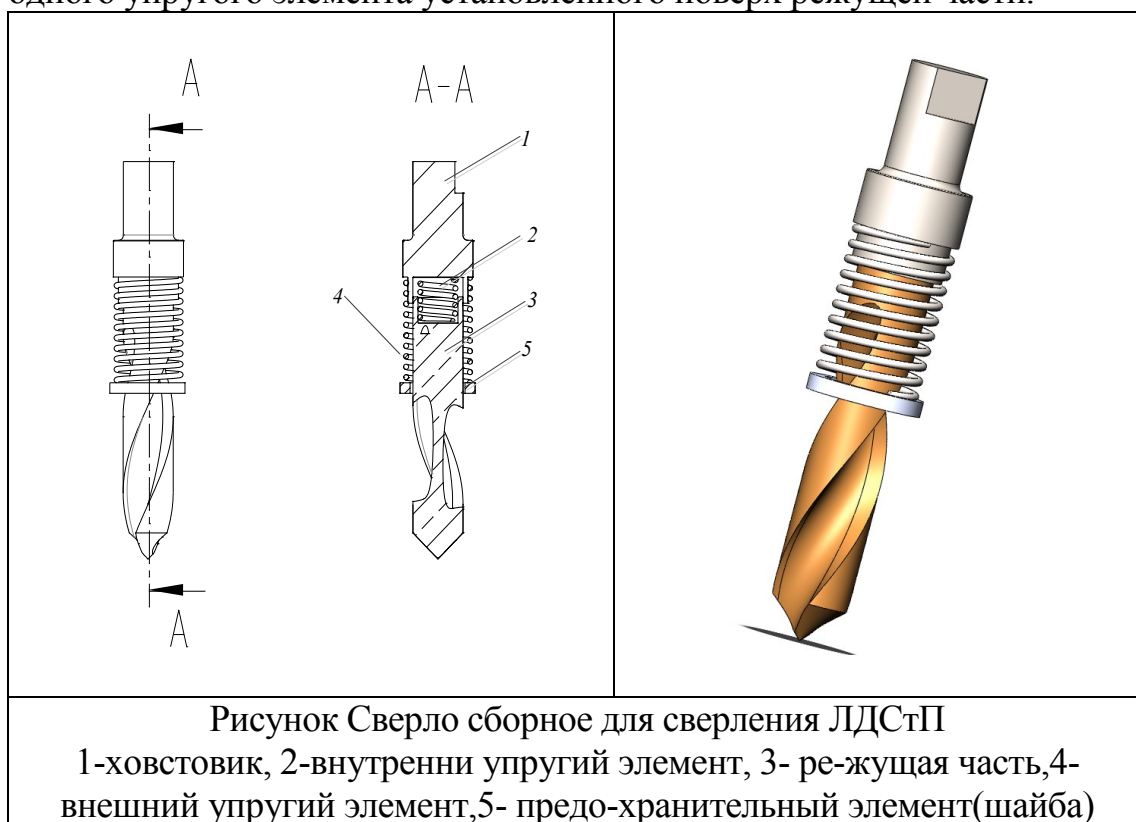
Анализируя различные литературные источники, а так же рекомендации производителей дереворежущего инструмента можно сделать вывод, что конкретных теоретически обоснованных рекомендаций по технологическим режимам сверления ламинированных древесностружечных плит нет.

В современной ламинированной древесностружечной плите можно выделить три основных слоя ламинат (декоративное покрытие) покрывающий поверхность плиты, некоторое количество связующего и непосредственно сама плита. В связи с тем, что все три слоя отличаются по физика механическим свойствам, возникает необходимость использовать технологические режимы удовлетворяющие качественной обработки всех трех слоев. Исходя из всего вышесказанного, логично было бы изменять технологические режимы на каждом этапе обработки, тогда можно было бы добиться и высокого качества продукции без брака и высокой производительности.

К большому сожалению у большинства многошпиндельных сверлильных станков использующихся на деревообрабатывающих предприятиях нет возможности изменять технологические режимы динамически непосредственно в процессе сверления. Что делает невозможным использования такого подхода. Выходом в данной ситуации может быть создание инструмента, позволяющего вне зависимости от технических возможностей оборудования на котором происходит обработка, менять технологические режимы динамически.

Авторами была предложена конструкция такого инструмента (ри-сунок). Сверло представляет собой сборную конструкцию, состоящую

из: режущей части, которая может быть любой конструкции с подрезателями и без, соединенную с хвостовиком через упругий элемент, и еще одного упругого элемента установленного поверх режущей части.



Внутренний упругий элемент в момент соприкосновения режущей части сверла с обрабатываемым материалом сжимается и тем самым уменьшает скорость подачи. Далее сверло работает как обычное т.к. упругий элемент сжат. Внешний упругий элемент работает в момент, когда процесс завершается, т.е. когда сверло выходит из обрабатываемого материала при сверлении насквозь. Элемент упирается в верхнюю часть заготовки и так же позволяет снизить скорость подачи. На торце внешнего упругого элемента находится защитная шайба, которая предохраняет ламинат от возможного повреждения.

Таким образом, данная конструкция сверла позволит реализовать изменение скорости подачи на этапе входа и выхода инструмента из обрабатываемого материала. Изменяя параметры упругих элементов можно использовать данный инструмент для различных плитных материалов с разным покрытием толщине и плотности.

Использование данного типа инструмента при сверлении плитных материалов позволит в значительной мере сократить количества брака, увеличить производительность вместе со снижением энерго потребления.

УДК 674.055:621.914.3

С.А. Гриневич, доц., канд. техн. наук
В.В. Раповец, доц., канд. техн. наук
Г.В. Алифировец, асп.
(БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАТУПЛЕНИЯ ДВУХЛЕЗВИЙНЫХ НОЖЕЙ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКОВ НА КАСАТЕЛЬНУЮ СИЛУ РЕЗАНИЯ

Фрезерно-брусующие станки (ФБС) и линии на их основе получили широкое распространение в Республике Беларусь и странах ближнего и дальнего зарубежья ввиду своих следующих преимуществ:

- Высокая производительность (скорость подачи до 200 м/мин);
- Возможность полной механизации процесса;
- Получение двух видов продукции (пилопродукция и технологическая щепа).

Недостатками являются:

- Высокая стоимость;
- Необходимость сортировки и жесткие требования к сырью.

На ФБС и линиях устанавливаются довольно мощные электродвигатели от 40 кВт и более. По мере работы, инструмент теряет режущую способность, что приводит к росту касательной силы резания и соответственно к росту энергопотребления. Поэтому изучение влияния затупления режущего инструмента на касательную силу резания имеет как научный, так и практический интерес.

Для проведения исследований влияния затупления режущего инструмента на касательную силу резания использовалась экспериментальная установка УИР-1. Она предназначена для исследования процессов резания древесины при торцевом фрезеровании. Экспериментальная установка включает станину, механизм резания, механизм подачи, измерительный комплекс и систему управления. При исследовании режимов резания образец крепится в динамометре. Резцом, установленном на резцедержателе несущего диска при включенном приводе резания (электродвигатель) и подачи (гидронасос) осуществляется торцевое фрезерование образца и регистрация трех перпендикулярных составляющих силы резания (F_x , F_y , F_z).

Результаты измерения касательной силы резания в зависимости от пути резания представлены в таблице:

Таблица 1 – Значение величины касательной силы резания от пути резания

Путь резания, м	Касательная составляющая сила резания F_z , Н
0	520
14500	625
32000	659
54500	712
68000	765
82000	825

Определение поправочного коэффициента на затупление ножей.

Результаты значений радиуса округления от коэффициента затупления представлен на графике



Рисунок 1 – График зависимости радиуса округления от коэффициента затупления

При помощи программы Microsoft Excel определена зависимость коэффициента округления от радиуса округления.

$$a_\rho = \dots + \dots \quad (1)$$

С точностью $R^2=0,97$.

Выводы:

На участке $\rho = \dots$, характер роста касательной составляющей силы резания F_z по мере увеличения радиуса округления режущих кромок близок к монотонному. Коэффициент, учитывающий рост касательной составляющей силы резания по мере затупления ножей может быть рассчитан по формуле $a_\rho = \dots + \dots$. Формула справедлива для участка монотонного износа.

Приращение радиуса округления режущих кромок на 1 метре пути резания составило $\varepsilon = \dots$ мкм/м.

УДК 674.059

С.А. Гриневич, доц., канд. техн. наук
 В.В. Раповец, доц., канд. техн. наук
 Г.В. Алифировец, асп.
 (БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ ИЗНОСА ДВУХЛЕЗВИЙНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ НА ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКАХ

На сегодняшний день на деревообрабатывающих предприятиях широкое распространение получили лесопильные линии с головным фрезерно-брусующим оборудованием. Данный тип оборудования предназначен для переработки бревна в двух, или четырехкантный брус, а горбыльчатая часть при этом измельчается в технологическую щепу.

Современные фрезерно-брусующие станки оснащены дорогостоящим режущим инструментом – сборными торцово-коническими фрезами, режущим элементом которых являются цельные двухлезвийные ножи (рис. 1). Затупление инструмента может характеризоваться различными параметрами, одними из которых является радиус округления и длина фаски по задней поверхности резца [1].

Для затупления ножей была проведена серия опытов на фрезерно-брусующем станке. Ножи, отработавшие заданное количество смен снимались для измерения параметров затупления. Для измерения величины радиуса округления режущей кромки и длины фаски использовался метод слепков. Измерение параметров затупления каждой кромки проводились отдельно, на короткой кромке измерения проводились в 2-х точках, на длинной в 4-х (рис. 2).



Рисунок 1 – Двухлезвийный нож

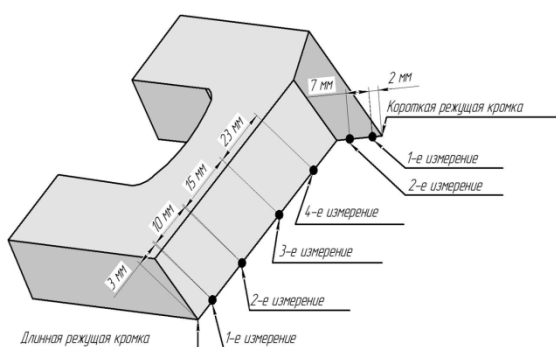


Рисунок 2 – Расположение точек измерения параметров затупления на двухлезвийном ноже

По результатам исследований были построены графические зависимости:

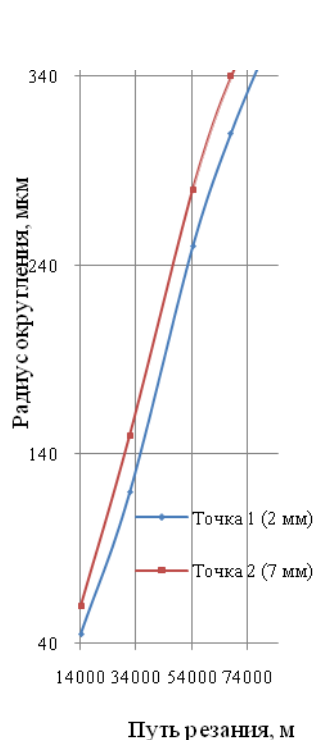


Рисунок 3 – График зависимости радиуса округления от пути резания (короткая режущая кромка)

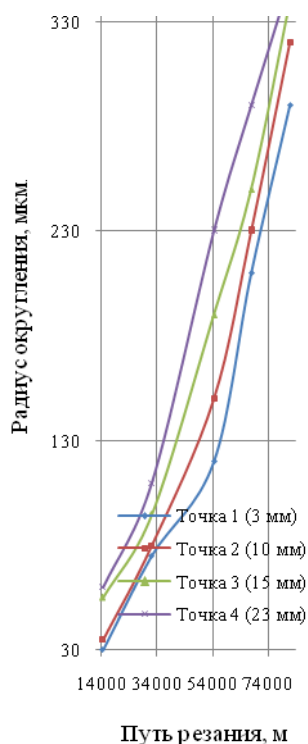


Рисунок 4 – График зависимости радиуса округления от пути резания (длинная режущая кромка)

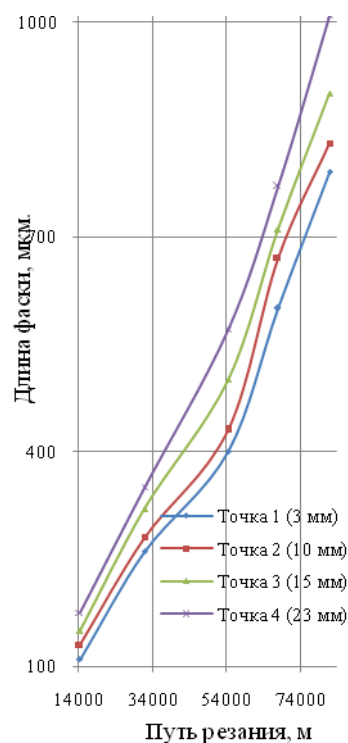


Рисунок 5 – График зависимости длины фаски от пути резания (длинная режущая кромка)

Из графиков видно, что:

– Короткая и длинная режущие кромки изнашиваются по радиусу. Износ короткой режущей кромки приблизительно в 1.5 раза больше чем длинной, что объясняется тем, что короткая режущая кромка участвует в наиболее тяжелом виде резания – поперечно-торцевом. Особенностью износа длинной режущей кромки является фаска, возникающая по задней поверхности ножа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кряжев, Н.А. Фрезерование древесины / Н.А. Кряжев. – Москва: Лесн. пром-сть, 1979. – 200 с.

УДК 674.055:621.914.2

А.А. Гришкевич, доцент, к.т.н., зав. кафедрой ДСОиИ
 А.С. Кукреш, студентка 5 курса
 (БГТУ, г. Минск)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА С ИЗМЕНЯЕМЫМ УГЛОМ НАКЛОНА КРОМКИ

Современный этап развития деревообрабатывающей отрасли характеризуется повышенными требованиями к качеству обработанных поверхностей деталей и уменьшением мощности на резание. Этим требованиям может удовлетворять одни из перспективных способов механической обработки древесных материалов – фрезерование. Главным технологическим назначением процесса фрезерования является уменьшение шероховатости и получение требуемых геометрических форм и размеров поверхностей деталей.

На кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов БГТУ были разработаны фреза с изменяемыми передним γ и задним α углами [1] и фреза с изменяемым углом наклона кромки λ (относительно оси вращения). Данные конструкции фрез позволяют существенно уменьшить касательную составляющую силы резания, повысить период стойкости инструмента и, как следствие, уменьшить мощность на резание.

Следующим шагом инновационного развития фрезерного инструмента стала разработка фрезы рефлекторной (от латинского слова *reflecto* – загибаю назад, поворачиваю), позволяющая в одной и той же конструкции изменять передний, задний углы и угол наклона кромки. Данная конструкция инструмента имеет возможность поворота режущей кромки относительно оси вала и позволяет перейти от фрезерования цилиндрического к фрезерованию коническому (рисунок 1).

Одним из недостатков представленной конструкции является увеличение окружности резания при изменении угла наклона прямой линейной режущей кромки.

Отклонение от плоскостности обработанной поверхности шириной h на величину Δ , зависящее от величины радиуса R_λ окружности резания, которая в свою очередь зависит от угла наклона режущей кромки λ можно рассчитать по формуле (1):

$$\Delta = \sqrt{\left(\begin{matrix} \\ \end{matrix} \right)^2 + \left(\begin{matrix} \\ \end{matrix} \right)^2} \quad (1)$$

где R_n – начальный радиус окружности резания, мм (в данном примере принимаем 70 мм); λ – угол наклона кромки (угол в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью), град; h – ширина обрабатываемой детали, мм (в данном примере принимаем 30 мм); Δ – отклонение от плоскостности обработанной поверхности шириной h при повороте режущей кромки ножа на угол λ , мм; R_λ – радиус окружности резания при повороте ножа на угол λ , мм.

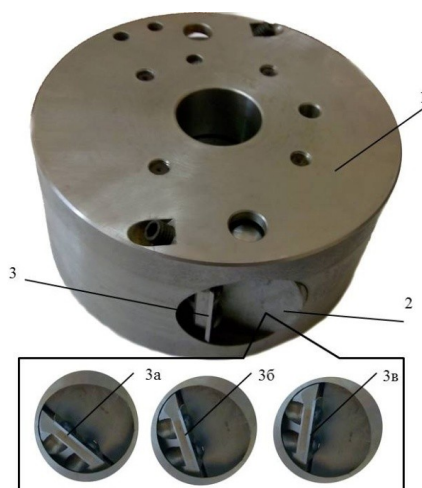


Рис. 1. Фреза сборная с изменяемым передним, задним углами и углом наклона кромки
1 – корпус; 2 – элемент крепления ножа; 3 – нож;
3а, 3б, 3в – варианты положения ножа

Теоретические расчеты показали, что для проведения качественной обработки поверхности детали, определяемую ГОСТ 6449.3-82, необходимо учитывать как угол наклона кромки ножа, так и ширину обрабатываемой детали, определяющие максимальное отклонение поверхности профиля от допустимого.

Поворот режущей кромки может быть полезен в случае получения фасонных поверхностей деталей.

Следует обратить **особое внимание** и на **закон изменения** профиля поверхности в зависимости **от ширины фрезерования**.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цилиндрическая фреза: авторское свидетельство №666080 Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий, УДК 674.055 В27Г 13/02/ Л.В. Клубкова, А.П. Фридрих; заявитель Белорусский технологический институт им. С.М. Кирова. - №2424015/29-15; заявл. 29.11.1976; Опубл. 09.06.1976

2. Изделия из древесины и древесных материалов. Допуски формы и расположения поверхностей: ГОСТ 6449.3-82.

УДК 630*652.54

В.Н. Гаранин, доц, канд. техн. наук.
 А.А. Гришкевич, зав. каф. ДОСиИ, канд. техн. наук.
 А.Ф. Аникеенко, ст. преп., канд. техн. наук.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ РЕФЛЕКТОРНОГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСТП

В ходе исследований, проведенных на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов, была разработана экспериментальная конструкция фрезы сборной с изменяемыми углами передним и наклона кромки. Внимание этому инструменту было уделено в предыдущей статье [1].

Целью данной работы стала продолжение ранее выбранного направления изучения рефлекторного инструмента, заключающееся в проведении испытаний рефлекторного фрезерного инструмента на работоспособность с выявлением закономерностей его поведения в зависимости от режимов эксплуатации деревообрабатывающего оборудования.

Для достижения указанной цели были поставлены перед исследователями следующие задачи: произвести настройку фрезерный инструмент на обработку ламинированной ДСтП с выявление особенностей операции подготовки инструмента; провести испытания новой конструкции фрезы на различных режимах ее эксплуатации; выявить закономерности поведения рефлекторного инструмента в зависимости от режимов его эксплуатации.

Решение первой задачи выполнялось с использованием установки OptiControl, представленной на рисунке. Она позволяет контролировать качество выставки режущих элементов насадного фрезерного инструмента. Решение второй задачи достигалось реализацией сетки опытов, которая представлена в таблице.



Рисунок – Установка OptiControl

Таблица – Сетка опытов

№	V_e , м/с	P , кВт	Качество пов-сти	Углы, град.		
				α	γ	λ
1	30	0,22	хорошее	35	0	0
2	30	0,29	хорошее	15	20	0
3	30	0,22	хорошее	15	20	15
4	30	0,25	плохое	15	20	30
5	45	0,42	плохое	15	20	0
6	60	0,52	хорошее	15	20	0

Выставка ножей у рефлекторного инструмента показала высокую трудоемкость операции. Однако, несмотря на это выставить ножи удалось. На основании [2] для выполнения экспериментальных исследований была использована установка, созданную на базе промышленного станка Unimat 23EL (фирма WEINIG, Германия). Измерение мощностных характеристик выполнялось с использованием программного обеспечения COMBIVIS5 путем снятия электрических параметров с частотного преобразователя электропривода управления механизмом резания станка. Усредненные результаты представлены в таблице.

Для экспериментов были приняты следующие условия: заготовка – плита ЛДСП, ширина 105,5 мм, скорость подачи $V_s = 6$ м/мин, припуск на обработку $h = 2$ мм. Перед каждым опытом ножи выставлялись с помощью установки OptiControl на угол согласно сетке опытов. Все экспериментальные исследования работоспособности фрезы проводились при механической обработке древесного материала одним ножом, установленном на диаметре резания $D = 143,8$ мм.

При реализации некоторых опытов наблюдались сколы у обработанной поверхности, что недопустимо в производстве [3] и свидетельствует о сложном характере взаимодействия инструмента с плитой.

На основании проделанных экспериментов можно сделать следующие выводы.

Настройка рефлекторного фрезерного инструмента требует высокой трудоемкости, поскольку ножи не зафиксированы в корпусе инструмента. Требуется доработка фрезы в направлении временной фиксации подвижных элементов. Рефлекторный фрезерный инструмент показал свою работоспособность.

Заклинивание инструмента при высоких скоростях не позволяет оценить взаимодействие рефлекторного инструмента с обрабатываемым материалом. Поэтому требуется доработка фрезы в направлении снижения эффекта заклинивания ее подвижных частей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришкевич, А.А. Особенности фрезерного сборного инструмента с изменяемыми углами: передним и наклона режущей кромки // А.А. Гришкевич, А.Ф. Аникеенко, В.Н. Гаранин // Труды БГТУ. – 2014. – Сер II (166): Лесная и деревообработ. пром-сть. – С. 175-177.
2. Бершадский, А. Л., Цветкова Н. И. Резание древесины, Минск: Вышэйшая школа, 1975. 304с.
3. Изделия из древесины и древесных материалов. Допуски формы и расположения поверхностей: ГОСТ 6449.3 – 82.

УДК 674: 621.922.024

А.П. Фридрих, доц., канд. техн. наук
 О.И. Костюк, м.н.с.
 (БГТУ, г. Минск)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ НА КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Исследования проводились на экспериментальной установке, разработанной на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов, на базе фрезерно-шлифовального станка HOUFEK BULDOG BRICK FRC-910. Шлифовалась порода древесины дуба при различных режимах обработки (скорость резания, скорость подачи, припуск на обработку). В таблице 1 представлены данные при шлифовании древесины дуба зернистостью шлифовальной шкурки P80 (режимы обработки и получаемые параметры обработанной поверхности). В таблице 2 данные эксперимента при шлифовании дуба зернистостью шлифовальной шкурки P150.

Таблица 1. Шлифование древесины дуба (1-ым шлифовальным узлом (основным)) зернистостью шлифовальной шкурки P80

№ оп	Зернистость ленты	Скорость резания v_e , м/с	Скорость подачи v_s , м/мин	Припуск на обработку h , мм	Параметры шероховатости поверхности		
					R_{max} , мкм	R_z , мкм	R_a , мкм
1	P80	18	4	0,1	23,94	16,43	2,81
2	P80	18	4	0,2	25,54	25,69	4,54
3	P80	18	4	0,3	26,89	15,30	2,43
4	P80	18	6	0,1	26,87	16,79	2,64
5	P80	18	6	0,2	25,10	16,96	2,71
6	P80	18	6	0,3	21,96	15,14	2,45
7	P80	18	8	0,1	21,28	14,49	2,48
8	P80	18	8	0,2	19,28	12,27	2,11
9	P80	18	8	0,3	18,88	13,24	2,21

На рис. 1 рассматривается зависимость скорости подачи от шероховатости поверхности при шлифовании древесины дуба зернистостью P80. На рис. 2. представлена зависимость скорости подачи от шероховатости поверхности при шлифовании древесины дуба зернистостью P150.

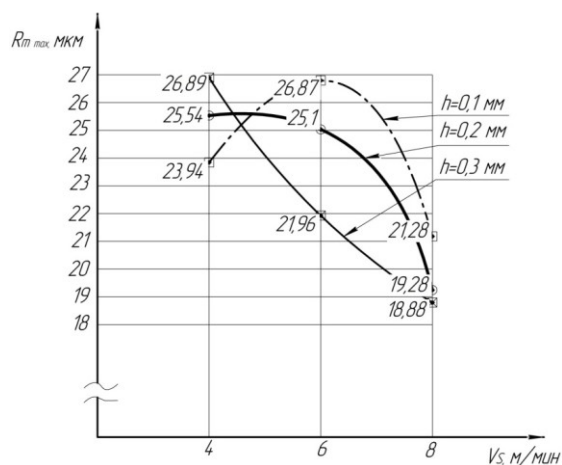


Рис. 1. Зависимость скорости подачи от шероховатости поверхности при шлифовании древесины дуба зернистостью Р80

Таблица 2. Шлифование древесины дуба (1-ым шлифовальным узлом (основным)) зернистостью шлифовальной шкурки Р150

№ оп	Зернистость ленты	Скорость резания v_e , м/с	Скорость подачи v_s , м/мин	Припуск на обработку h , мм	Параметры шероховатости поверхности		
					R_{max} , мкм	R_z , мкм	R_a , мкм
1	P150	18	4	0,1	26,30	19,31	3,23
2	P150	18	4	0,2	14,39	11,14	1,88
3	P150	18	4	0,3	14,89	11,46	1,93
4	P150	18	6	0,1	15,52	12,34	2,10
5	P150	18	6	0,2	15,53	12,98	2,19
6	P150	18	6	0,3	17,96	12,55	1,98
7	P150	18	8	0,1	20,37	13,71	2,28
8	P150	18	8	0,2	15,57	11,59	1,63
9	P150	18	8	0,3	19,53	13,34	2,14

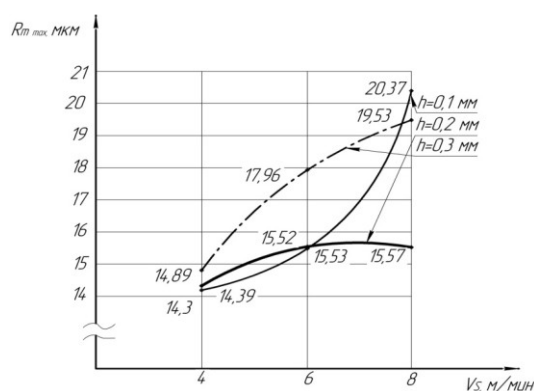


Рис. 2. Зависимость скорости подачи от шероховатости поверхности при шлифовании древесины дуба зернистостью Р150

ЛИТЕРАТУРА

1. Любченко, В.И. Резание древесины и древесных материалов / В.И. Любченко: - Москва. Лесная промышленность, 1986.

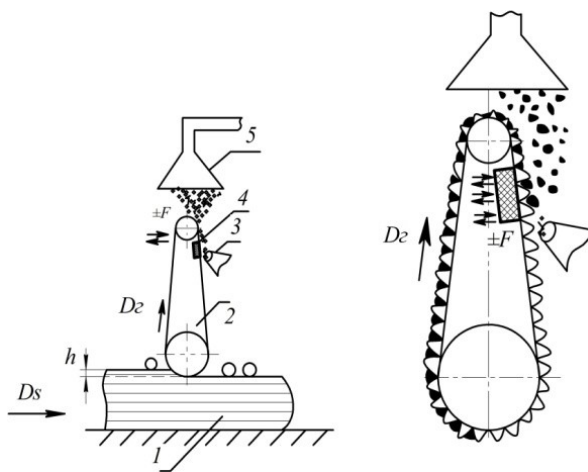
УДК 674: 621.922.024

А.П. Фридрих, доц., канд. техн. наук
 О.И. Костюк, м.н.с.
 (БГТУ, г. Минск)

СПОСОБ УДАЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ РЕЗАНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ ВО ВРЕМЯ ЕЕ РАБОТЫ

Каждое зерно в шлифовании можно представить как отдельный зуб или совокупность зубьев изменчивой формы, поэтому зерна классифицируются по размерам, которым присвоены номера крупности, и по форме, которая в каждой из совокупности изменчива, но имеет некоторые общие характеристики.

Способ удаления продуктов резания с поверхности шлифовальной ленты во время ее работы осуществляется следующим образом: на шлифовальную ленту оказывает действие устройство заключающееся в его возвратно-поступательном движении в направлении нормальным к основе шлифовальной ленты. На рисунке 1 рассматривается предлагаемая функциональная схема при шлифовании древесины



1 – обрабатываемый материал; 2 – шлифовальный узел (основной);
 3 – эксгаустерная система; 4 – устройство

Рис. 1 Функциональная схема шлифования с предлагаемой конструкцией удаления продуктов резания

Технология предлагаемого способа удаления продуктов резания позволит увеличить период стойкости шлифовальной ленты, уменьшить мощность на резание, повысить удельную производительность шлифовальной ленты и производительность процесса в целом.

Вычислим частоту биения устанавливаемого устройства по поверхности шлифовальной шкурки:

1) Определим частоту колебаний устройства:

$$\nu = \frac{1}{t + \tau} = \frac{1}{\frac{L}{\omega} + \frac{b}{\omega}} = \frac{1}{L + b}, \quad (1)$$

τ – время за которое проходит лента расстояние 100 мм;

L – расстояние между верхним и нижним шкивами шлифовального узла;

ω – угловая скорость, рад/с;

t – время прохождения одноименной точки вокруг своей оси.

2) Скорость шлифовальной ленты:

$$V_s = \frac{\pi \cdot D_{\text{всд.м}} \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 3225}{60000} = 17 \text{ м/с} \quad (2)$$

3) Вычислим время прохождения одноименной точки ленты за полный рабочий цикл:

$$L = \nu \cdot t; t = \frac{L}{\nu} = \frac{1126,8}{27} = 41,042 \text{ с} \quad (3)$$

4) Примем $l_b = 10 \text{ см} = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}; l_b = \tau \cdot \omega; \tau = \frac{l_b}{\omega};$ (4)

5) Определим длину шлифовальной ленты:

$$L_s = l_{\text{ш}} + \frac{\pi \cdot D_s}{2} + \frac{\pi \cdot D_n}{2}, \quad (5)$$

$$\text{Частота колебаний} \quad \nu = \frac{\omega}{L + l_b} = \frac{27}{1,12 + 0,1} = 2,125 \text{ Гц} \quad (6)$$

Следует производить очистку частотой колебаний устройства в 12 Гц при прохождении одноименной точки в 0,0037 с при ширине устройства 100 мм. Использование ударного устройства позволит увеличить долговечность абразивной шлифовальной ленты. В качестве критерия оценки работоспособности абразивных шлифовальных лент при калибровании древесины следует учитывать не степень затупления абразивных зерен, а «засаливание» режущих элементов в межзерновом пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Любченко, В.И. Резание древесины и древесных материалов / В.И. Любченко: - Москва. Лесная промышленность, 1986.
2. Бершадский, А.Л., Цветкова, Н.И. Резание древесины. / А.Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. Мн.: «Вышэйшая школа», 1975.

УДК 674.055:621.95.08

А.С. Кравченко, доц., канд. техн. наук; А.А. Бузюма, маг.
(БГТУ, г. Минск)

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЗАДАННОМ КАЧЕСТВЕ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РЕЗАНИЯ

Для исследования процесса цилиндрического фрезерования использовался метод теории подобия и анализа размерностей, который позволяет обобщить результаты ограниченного числа опытов и выявить наиболее общие закономерности процесса, а так же получить однородные по размерности зависимости, составляющие математическую модель системы. На данном этапе целесообразно применить теорию подобия в форме авто моделирования. При этом в качестве модели и натуре рассматриваем одну и ту же систему при различных значениях ее параметров. Таким образом, изучив один из режимов работы системы, можно описать ее работу в подобных режимах с другими значениями параметров.

Значимыми факторы и основные параметры процесса цилиндрического фрезерования древесины и древесных материалов являются: подача V_s , м/мин, скорость резания V , м/с, площадь контакта инструмента с деталью S , м², шероховатость обработанной поверхности Ra , мкм, стойкость ножей между правками l , м, предел прочности обрабатываемого материала σ , МПа, касательная сила резания F_τ , Н.

В табл. 1 указаны пять размерных величин при трех основных размерностях [М], [L], [Т], где М – масса, L – длина, Т – время.

Таблица 1. Физические величины, определяющие процесс цилиндрического фрезерования

Физическая величина	Символ	Формула размерности
Скорость главного движения	V	LT^{-1}
Скорость подачи	V_s	LT^{-1}
Касательная сила резания	F_τ	MLT^{-2}
Эффективная площадь контакта	S	L^2
Предел прочности обрабатываемого материала	σ	$ML^{-1}T^{-2}$

Согласно π -теореме теории подобия зависимость $F_\tau = f(V, V_s, S, \sigma)$ можно выразить через два безразмерных степенных комплекса [1].

$$\pi_1 = \frac{v}{V}$$

$$\pi_2 = \frac{F}{S}$$

Для описания процесса цилиндрического фрезерования достаточно выявить зависимость между числами подобия π_1 и π_2 .

Комплекс π_1 представляет собой отношение линейной производительности к пути трения – обобщенная характеристика режима цилиндрического фрезерования, которая называется «число подобия режима».

Комплекс π_2 можно записать в следующем виде

$$\pi_2 = \frac{\sigma_{\text{действ}}}{\sigma_{\text{предел}}}$$

где $\sigma_{\text{действ}}$ – действительное напряжение, МПа;

Следовательно, комплекс π_2 – отношение действующего в материале напряжения, создаваемого касательной силой резания, к пределу прочности материала на сжатие. Диспергирование материала происходит при создании в зоне обработки напряжений, превышающих предел прочности, т.е. условие хода процесса цилиндрического фрезерования записывается в виде

$$\pi_2 = \frac{\sigma_{\text{действ}}}{\sigma_{\text{предел}}} \geq 1$$

Таким образом, величину π_2 можно назвать «критерием диспергирования».

Функциональная связь между числом подобия режимов и критерием диспергирования представляет собой уравнение подобия процесса цилиндрического фрезерования древесины и древесных материалов во всем диапазоне глубины фрезерования для данного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Седов, Л.И. Методы подобия и размерности в механике / Л.И. Седов. – 8-е изд. – М.: "Наука", 1977. – 440 с.

УДК 674.055:621.95.08

А.С. Кравченко, доц., канд. техн. наук; А.А. Бузюма, маг.
(БГТУ, г. Минск)

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ВО ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При создании высокоавтоматизированных гибких производственных систем необходимо использовать специальные диагностические устройства, осуществляющие надежный автоматический контроль за состоянием основных узлов и процессов в станке при обработке. При этом особое внимание уделяется режущему инструменту и его работоспособности, так как несвоевременное обнаружение отказов инструмента может иметь самые различные последствия - от появления брака до аварии станка и т.д.

В результате анализа существующих способов контроля состояния режущего инструмента в процессе обработки установлено, что применительно к обработке древесины и древесных материалов наиболее эффективными являются два: путем силовых измерений и виброакустических измерений.

Силовой метод наиболее прост в реализации и основан на прямом измерении сил резания и крутящего момент, которые зависят от состояния режущей кромки инструмента, т.е. по величине крутящего момента можно судить об износе инструмента и управлять процессом резания [1].

Вибрационный метод, основан на регистрации характеристик вибрации инструмента в процессе обработки. Предлагается разлагать виброакустический сигнал на низкочастотные и высокочастотные составляющие, по соотношению которых судят об износе инструмента [1].

На первом этапе экспериментальных исследований необходимо получить зависимость момента сопротивления главного движения от состояния режущей кромки инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Компания "Технология" – инжиниринговая компания [Электронный ресурс] / Компания "Технология" – инж. компания – Режим доступа: http://tecnologia.ru/documentation/cutting_of_metals/7.html – Дата доступа: 09.02.2015.

УДК 674.053

С.А. Гриневич, доц., канд. техн. наук
В.Т. Лукаш, зав. лаб.
(БГТУ, г. Минск)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОГО ПЕРИОДА СТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ДИСКОВЫХ ПИЛ ПРИ ПИЛЕНИИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Актуальной задачей для производства является обеспечение высокой суммарной технологической стойкости с учетом возможного количества переточек пилы. Количество материала, снимаемого при восстановлении работоспособности инструмента, зависит от степени износа его режущих элементов. Ряд ученых [1, 2] исследовавших проблему затупления дереворежущего инструмента считали, что площадь изношенного слоя прямо пропорциональна пути резания, т.е.

$$S = \varepsilon \cdot L, \quad (1.1)$$

где ε – интенсивность изнашивания, $\text{мкм}^2/\text{м}$; L – путь резания, м.

При механической обработке ламинированных древесностружечных плит основным параметром затупления инструмента является величина фаски по задней поверхности режущего элемента μ .

Найдем площадь сечения изношенного слоя, через величину длины фаски μ , равную стороне АВ треугольника ОАВ (рисунок).

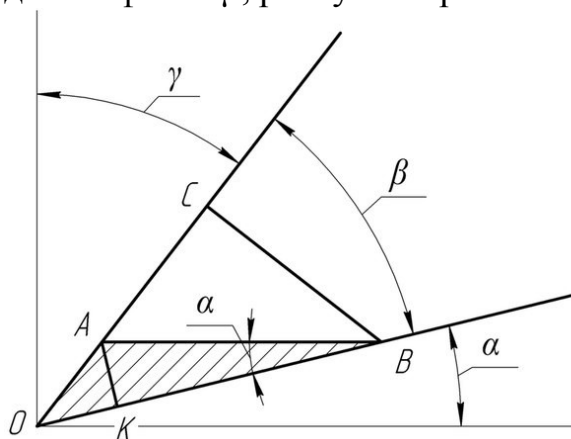


Рисунок – Схема расчета площади износа

Выполнив ряд несложных расчетов, получим

$$S_{OAB} = \frac{1}{2} \cdot \mu^2 \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \quad (1.2)$$

Приравняв формулы (1.1) и (1.2) выразим величину фаски μ

$$\mu = \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon \cdot L \cdot \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta) \cdot \sin \alpha}} \quad (1.3)$$

Величина фаски при раскромке древесностружечных плит в практических расчетах определяется по номограмме [3]. Используя данные номограммы по формуле (1.3) определили величину интенсивности изнашивания твердого сплава ВК15, которая составила $73 \text{ мкм}^2/\text{км}$. На основе данных по сравнительной износоустойчивости твердых сплавов [4] можно определить величину ε для других марок твердого сплава. Так, для сплава ВК6, использовавшегося при проведении экспериментальных исследований технологической стойкости

дисковых пил при раскросе ламинированных древесно-стружечных плит [5], величина интенсивности изнашивания составит $41 \text{ мкм}^2/\text{км}$.

Особенностью пиления является наличие трех режущих кромок (главной и двух боковых) и соответственно трех задних поверхностей. Зная угловые параметры инструмента можно сопоставить величины фасок по задним поверхностям. Так, для плоско-трапециевидного профиля фаска по задней поверхности прилегающей к боковой режущей кромке в 2,3 раза должна быть больше, чем фаска по задней поверхности прилегающей к главной режущей кромке.

Полный период стойкости S_{Σ} (м.п.) может быть записан как

$$S_{\Sigma} = \frac{L \cdot S_z \cdot z}{l} \cdot (1 + n), \quad (1.4)$$

где L – путь резания, м; S_z – подача на зуб, мм; z – число зубьев пилы, шт; l – длина дуги контакта зуба пилы с обрабатываемым материалом, мм; n – возможное количество переточек.

Для обеспечения условия $S_{\Sigma} \rightarrow \text{max}$, нужно решить задачу оптимизации, что было выполнено в математическом пакете MathCad14. При этом путь резания, не должен превышать предельный путь резания L_{lim} , найденный из условия обеспечения качества обработки. Так, согласно работе [5] для плоско-трапециевидного профиля зубьев

$$L_{\text{lim}} = \frac{V \cdot S_z \cdot z}{a} \cdot (1 + n) \quad (1.5)$$

В результате было получено, что максимальная суммарная технологическая стойкость $S_{\Sigma}=126,9 \text{ км}$ будет обеспечена при $S_z=0,06 \text{ мм}$, $V=80 \text{ м/с}$, $a=31,46 \text{ мм}$, а переточка должна быть проведена через 197 мин (3,28 ч) непрерывного резания. При этом количество возможных переточек пилы составит 25.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кряжев, Н.А. Фрезерование древесины. / Н.А. Кряжев. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 200 с.
2. Дешевой, М. А. Механическая технология дерева / М. А. Дешевой. Ч.1. Ленинград: Кубуч, 1934. 512 с.
3. Цуканов, Ю. А. Обработка резанием древесно-стружечных плит / Ю. А. Цуканов, В. В. Амалицкий. – М.: Лесная пром-сть, 1966. – 94 с.
4. Грубе, А.Э. Дереворежущие инструменты / А. Э. Грубе. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 344 с.
5. Лукаш В. Т. Гриневиц С. А. Технологическая стойкость и начальная мощность при обработке ламинированных ДСтП пилами с плоско-трапециевидным профилем зубьев // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. - 2010. - Вып. XVIII. - С. 234–239.

УДК 674-419.32

И. И. Веретиков, асс.
(БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Изучение литературных источников по применению такого композиционного материала как фанера, показывает, что он является одним из прогрессивных и перспективных, нашедших широкое применение в различных отраслях промышленности.

Как композиционный материал, фанера обладает высокой механической прочностью, стабильностью форм, повышенной износостойкостью, водостойкостью, является экологически безопасным и эстетичным материалом.

Однако температурно-влажностное воздействие может разрушить клеевые соединения в фанере. Это в свою очередь сопровождается снижением прочностных показателей, уменьшением периода эксплуатации фанеры в целом.

Влияние эксплуатационных температур (тепловой ресурс) оценивается по результатам термостарения образцов клеевых соединений путем непосредственной выдержки их при рабочих температурах в течение времени, рекомендованного на основании сроков эксплуатации [1].

Оперативную информацию работоспособности клеевых соединений получают из ускоренных методов испытаний. Под ускоренным старением понимается циклическое действие на образцы клеевых соединений широкого интервала влажности и температур, имитирующих условия эксплуатации клеевых изделий в атмосферных условиях.

Были произведены опытные исследования по влиянию температурно-влажностных факторов на значения предела прочности при скалывании образцов фанеры различных марок. Проведен анализ полученных данных, построены и проанализированы графические зависимости, сделаны выводы о влиянии температурно-влажностных факторов на прочностные значения клееных материалов.

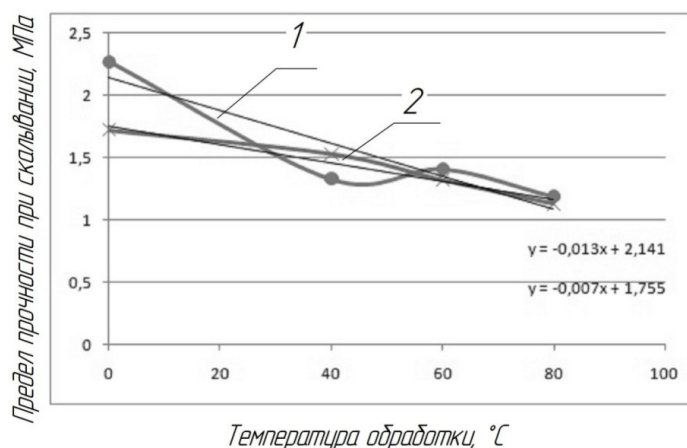
Для изготовления конкретных видов образцов использовали 2 типа фанеры: фанеру марки ФК толщиной 4 мм сорт IV/IV (3-слойная) и фанеру марки ФСФ толщиной 4 мм сорт III/IV (3-слойная). Древесная порода – береза. Испытания проводили на сухих образцах без предварительной обработки и на образцах, прошедших температурно-влажностную обработку.

Температурно-влажностная обработка образцов фанеры была проведена в климатической камере ТХВ-225. Данный тип оборудования обеспечивает поддержание в замкнутом объеме заданной температуры или температуры и влажности, а также, их изменение по программе в соответствии с приведенными характеристиками. Результаты определения предела прочности при скалывании образцов фанеры марок ФК и ФСФ обобщены в таблице 1

Таблица 1 - Результаты проведения испытаний

Температура обработки, °С	Предел прочности при скалывании, МПа, фанеры марок	
	ФК	ФСФ
-	1,72	2,27
40	1,53	1,33
60	1,32	1,41
80	1,13	1,19

На рисунке 1 представлены графические зависимости предела прочности фанеры при скалывании от температуры обработки, полученные по данным таблицы 1.



1 – образцы фанеры ФСФ; 2 – образцы фанеры ФК

Рис.1. Графические зависимости предела прочности фанеры

Четкие зависимости прочности клеевого соединения от условий обработки, которые могут быть описаны математически, что делает температурно-влажностную обработку удобным способом внешнего воздействия для разработки методики оценки долговечности клеевых соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хрулев, В.М. Долговечность клееной древесины (изд. 2-е, переработанное) / В.М. Хрулев. - М.: Лесная пром-сть», 1971.-160с.

УДК 674.048

О.К. Леонович, заведующий НИЛ ОСКиМ, доцент, канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ФЕНОЛЬНЫМИ СМОЛАМИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Работа посвящена усовершенствованию технологии и состава для модифицирования древесины, в частности состава, содержащего отход производства фенола кумольным методом и гексаметилентетрамин при следующем соотношении компонентов, масс. %: фенольная смола – 93,5-94,5; гексаметилентетрамин – 5,5-6,5.

Недостатком данного состава является длительность его приготовления из-за медленного и ограниченного растворения гексаметилентетрамина в фенольной смоле – отходах производства фенола кумольным методом, образование твердого комплекса гексаметилентетрамина с компонентами отходов, который плавится при температуре 35-40 °С, что требует подогрева состава перед пропиткой, высокая температура отверждения состава, относительно высокая длительность процесса и низкие предел прочности при статическом изгибе и ударная вязкость.

Цель исследования – повышение качества модифицированной древесины за счет увеличения предела прочности при статическом изгибе и ударной вязкости, снижение температуры и времени термообработки.

Поставленная цель достигается тем, что состав для модифицирования древесины содержит фенольную смолу – отход производства фенола кумольным методом, гексаметилентетрамин и дополнительно уксусную кислоту. Фенольная смола является отходом совместного производства фенола и ацетона кумольным способом: образуется в количествах 0,1-0,23 т на 1 т фенола. Гексаметилентетрамин используется для получения феноло-гексаметилентетраминовых смол и в качестве отвердителя новолаков. Уксусная кислота – технический продукт, хорошо смешивается с фенольной смолой, растворяет гексаметилентетрамин. Оптимальное содержание компонентов в составе определялось по результатам исследований по В-оптимальному плану.

Установлено, что присутствие в составе дополнительно 5-7 % уксусной кислоты снижает температуру термообработки пропитанной древесины до 120 °С вместо 135-138 °С и приводит к получению модифицированной древесины с повышенным пределом прочности при статическом изгибе и повышенной ударной вязкости.

УДК 674.048.5

О. К. Леонович, заведующий НИЛ ОСКиМ, доцент, канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

АНТИСЕПТИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫМИ ЗАЩИТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Для защиты древесины в настоящее время используется различные препараты, выполняющие функции биозащиты, и защиты от возгорания это антисептики и антипирены. В основе практически всех известных препаратов содержится агрессивные химические вещества.

В состав защитных средств и пропиточных составов входят химические вещества 1, 2 классов опасности (яды и канцерогены).

При защите деревянных конструкций в домостроении: помещений бань, ванных комнат, саун, жилых помещений, а так же объектов деревянного зодчества, музейных экспонатов необходимы экологически безопасные защитные средства.

Целью данного исследования является разработка экологически безопасного защитного средства для антисептирования древесины эксплуатируемой в деревянных банях, саунах, демонстрационных залах, коттеджах, садовых домиках и других строений приспособленных для проживания людей.

Решение проблемы достигается разработкой методологической основы для формирования коллоидных растворов на основе наноструктурных инертных металлов способных при малых дозах обеспечить защиту древесины от поражения бактериями плесневыми, деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами и обеспечить в то же самое время экологическую безопасность окружающей среды.

Наночастицы инертного металла получены боргидридным методом. Средний размер частиц инертного металла в растворах после приготовления составил 13 нм. Исследовали концентрации водных растворов: 0,5%; 1,5%; 3,0% изготовленных из 70 % коллоидного раствора инертного металла в дистиллированной воде.

В результате выдержки образцов в течение 15 дней на культуре гриба *Aspergillus niger* Tiegh, установлено, что растворы с различной концентрацией неоднозначно влияют на рост гриба. Защитные растворы, содержащие 3% и 1,5%, обеспечили защиту древесины от поражения грибом *Aspergillus niger* Tiegh.

Выводы: Защитные растворы содержащие 3% и 1,5% обеспечили защиту древесины от поражения грибом *Aspergillus niger* Tiegh и могут быть использованы для безопасной эксплуатации деревянных строений.

УДК 674.048.5

О. К. Леонович, заведующий НИЛ ОСКиМ, доцент, канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ЩЕПЫ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ТЕПЛОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ СЖИГАНИИ

Согласно требований нормативной документации щепы топливная должна быть не более 40% влажности. Для определения влажности измельченной древесины используется следующая методика: отбирают 10 разовых проб из 10 мест, расположенных симметрично по поверхности сырья на глубине 0,4 м, а при толщине слоя более 2 м – на глубине – 1м. Масса разовой пробы должна быть 0,9-1,1 кг. Разовые пробы соединяют, тщательно перемешивают и методом квартования сокращают до средней лабораторной пробы массой 1,0-1,5 кг. При выгрузке сырья механизмами разовые пробы отбирают через равные промежутки времени.

Относительная влажность сырья ($W_{отн}$) в процентах определяют с погрешностью не более 0,1 % по формуле:

$$W_{отн} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100$$

где m – масса пробы до высушивания, г; m_1 – масса пробы после высушивания, г.

Возможно рассчитать влажность измерив реальную плотность щепы (ρ_w) и с учетом средней базисной плотности можем определить примерную влажность щепы по формуле:

$$W = \frac{100 - \frac{\rho_w}{\rho_{базис}}}{\rho_w}$$

Данный способ является сложным для осуществления контроля влажности. Также существующий сушильно-весовой метод занимает много времени и затрат.

С минимальными затратами времени возможно определить влажность измельченной древесины с помощью приборов. Одним из таких приборов является влагомер измельченной древесины Wile Bio Moisture. Влагомер древесины Bio Moisture предназначен для измерения влажности различных типов древесной щепы.

Высшую теплоту сгорания топлива Q_s^r , кДж/кг определяют по ГОСТ 147, низшую теплоту сгорания рабочего состояния топлива Q_i^r , кДж/кг, вычисляют по формуле:

$$Q_i^a = Q_s^a - 9H - 8O$$

24,42 – теплота парообразования при температуре измерения 25 °С из расчета на 1 % выделившейся воды, кДж/кг;

8,94 – коэффициент пересчета массовой доли водорода на воду;

H^a – массовая доля водорода в аналитической пробе топлива по ГОСТ 2408,1;

W^a – массовая доля воды в испытуемом продукте по ГОСТ 27314, ГОСТ 11305, ГОСТ 11014, ГОСТ 9516 или ГОСТ 27589.

Пересчет натурального топлива на условное производится по формуле:

$$B_{ym} = \frac{B_n}{Q_{yt}}$$

где B_{ym} – количество условного топлива, т;

B_n – количество натурального топлива, т;

Q_i^r – теплота сгорания топлива по данным химической лаборатории [ккал/кг (МДж/кг)];

Q_{yt} – теплота сгорания условного топлива, равная 7000 ккал/кг (29,31 МДж/кг).

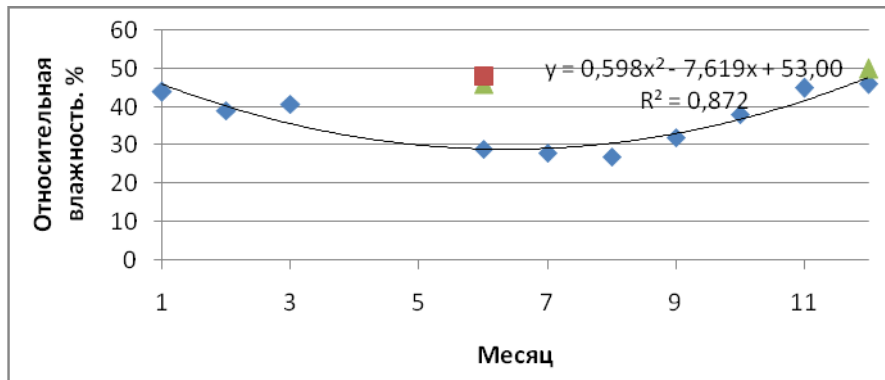


Рис. Колебания относительной влажности щепы от времени поставки

Выводы и предложения:

1. Установлено, по данным предприятий сезонные колебания влажности поступающей топливной щепы составляют от 25 до 50 % при нормативной влажности 40 %.
2. Рекомендовано применять оперативный контроль влажности при приемке прибором Wile Bio Moisture после валидационных испытаний соответствия результатов при определении влажности в сушильном шкафу.
3. Установлена методология по определению переводных коэффициентов для пересчета фактической теплоты сгорания в условную в зависимости от влажности щепы.

УДК 674.047

Н. В. Мазаник, доц., канд. техн. наук; Д. П. Бабич, асс.
(БГТУ, г. Минск)

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В СУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ ИМПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Стандартные режимы сушки пиломатериалов, приведенные в «Руководящих технических материалах» (РТМ), разработаны таким образом, чтобы обеспечить заданное качество сушки при минимальной продолжительности процесса. В то же время подавляющее большинство деревообрабатывающих предприятий Республики Беларусь эксплуатирует сборно-металлические камеры европейских производителей, таких как Secal, Incoplan, Copcal, Cathild, Katres, Hildebrand и др. В этих камерах используется принципиально иной способ контроля параметров сушильного агента, основанный на оценке равновесной влажности древесины. Регулирование процесса осуществляется путем использования градиента сушки. Под градиентом понимается отношение текущей влажности древесины к ее равновесной влажности. Градиент сушки напрямую определяет скорость снижения влажности материала. Интенсивность процесса возрастает с уменьшением текущей влажности древесины.

Проблемой, вызывающей озабоченность с точки зрения качества сушки в импортных камерах, является то, что в ЕС отсутствует единый стандарт, определяющий режимы сушки древесины. Фактически, каждый производитель сушильных камер сам разрабатывает режимы сушки, исходя из особенностей конструкции выпускаемых сушилок и в соответствии с собственными экспериментальными данными. Режимы сушки от разных разработчиков существенно отличаются как друг от друга, так и от режимов РТМ.

Мы сравнили режимы, предлагаемые французским производителем камер Cathild, итальянским производителем **Copcal** и режимы по РТМ. Было установлено, что данные режимы разнятся не только по жесткости, но и по принципу построения. Например, режим, используемый в камерах Cathild, не только является наиболее жестким из представленных, но и имеет значения градиента сушки отличные от единицы уже на стадии начального прогрева материала. Как известно, сушка непрогретого материала чревата образованием трещин, поэтому ее стараются не допускать. В режиме Cathild торможение процесса сушки осуществляется за счет снижения объема циркулирующего агента на 50% от номинального значения. Этой же цели служат высокие значения влажности воздуха в период прогрева в режимах Copcal

и РТМ. Однако наибольшие различия наблюдаются в величинах градиента сушки. В режиме Sorcal он увеличивается по мере высыхания материала, в режимах Cathild и РТМ – уменьшается в диапазоне изменения влажности на каждой стадии сушки, среднее его значение по мере просыхания древесины также снижается.

Очевидно, что разные режимы сушки обеспечивают разное качество высушенной древесины. К сожалению, в настоящее время в Республике Беларусь отсутствуют нормативные документы, устанавливающие обязательность испытаний сушильных камер на качество сушки. Мы провели исследования качества сушки пиломатериалов в сушильных камерах Sorcal, эксплуатируемых на ОАО «Минскдрев». Результаты определения показателей качества приведены в табл. 1.

Таблица 1. Анализ результатов исследования качества сушки

Показатель качества сушки	Требования по показателю качества для пиломатериалов категории		Среднее значение показателя по результатам исследования
	II	III	
Средняя конечная влажность, %	7-15	10-15	7,67
Отклонение конечной влажности отдельных досок от средней влажности штабеля, %, при толщине 60 мм	Не более ± 3	Не более ± 4	0,41
Перепад влажности по толщине пиломатериалов, %, при их толщине, равной 60 мм	Не более 3,5	Не более 4,0	0,40
Условный показатель остаточных напряжений, %	Не более 2	Не контролируется	4,34

Сравнение полученных показателей с требованиями, приведенными в РТМ, показали, что качество сушки не соответствует II категории по критерию остаточных напряжений, однако удовлетворяет требованиям III категории. Таким образом, пиломатериалы, высушенные в камерах Sorcal, могут использоваться только для производства некачественных изделий (тары, строительного погонажа и т.п.). Для заявленного назначения пиломатериалов (столярно-строительные изделия) необходима разработка и внедрение мероприятий по повышению качества сушки. В качестве таких мероприятий рекомендуются установка направляющих экранов, а также проведение влаготеплообработки древесины путем осциллирования температуры поверхностных слоев пиломатериалов.

УДК 674.049

Н. В. Мазаник, доц., канд. техн. наук; О. Г. Рудак, асс.
(БГТУ, г. Минск)

СТОЙКОСТЬ ТЕРМОДРЕВЕСИНЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К АГЕНТАМ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ

В Белорусским государственном технологическом университете были проведены исследования изменений, происходящих в химическом составе и свойствах древесины при высокотемпературной обработке в паровой среде.

В качестве исследуемого материала выступали образцы сосны, обработанные в среде насыщенного пара при температуре 180, 190 и 200°C. Химический состав образцов анализировался с использованием метода рамановской спектроскопии. Образцы термодревесины сравнивали с древесиной сосны, не прошедшей высокотемпературной обработки, но высушенной камерным способом до влажности 8% по режиму сушки 4-М (максимальная температура сушильного агента в камере не превышала 75°C). Анализ полученных спектров показал, что изменения в химическом составе древесины после проведения паромодификации тем значительнее, чем более высокой была температура обработки. Наиболее выраженными являются изменения в откликах на частотах, соответствующих гемицеллюлозам и лигнину. Частичная деградация лигнина в процессе высокотемпературной обработки обуславливает снижение прочности и одновременное повышение формоустойчивости термодревесины по сравнению с древесиной необработанной. Данное ухудшение физико-механических свойств приводит к ограничению использования термообработанной древесины в качестве строительного материала.

Исследования стойкости термодревесины к комплексу плесневых и деревоокрашивающих грибов показали, что для образцов, обработанных при температуре 190°C, ширина зоны разрастания мицелия тест-культур уменьшается, в зависимости от вида гриба, на 84-100%. Данные результаты были подтверждены при испытании биостойкости образцов методом, основанным на ГОСТ 30028.4-2006. Было выявлено, что образцы необработанной древесины имели среднюю площадь обрастания 98,4 %, в то время как образцы термодревесины имели среднюю площадь обрастания 4,3 %. При испытании образцов на стойкость к дереворазрушающему грибу *Coniophoraputeana* по ГОСТ 16712-95 снижение потери массы не превышало 16%, что не является достаточным для обеспечения полной защиты древесины от гниения, вызванного действием целлюлозуразрушающих грибов.

УДК 674.48

И. К. Божелко, асс.
(БГТУ, г. Минск)**КОРРЕКТИРОВКА РЕЦЕПТУРЫ ЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ В
ПРОЦЕССЕ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ**

Одним из эффективных способов пропитки древесных изделий является импрегнация под давлением. Однако автоклавная пропитка древесины сопровождается изменением концентрации рабочего пропиточного состава. Обусловлено это фильтрующими свойствами древесины и попаданием влаги из древесины особенно в зимний период.

Для анализа данного явления были проведены исследования распределения содержания меди в древесине на примере деревянной шпалы пропитанной антисептиком Tanalith E 3492. Для экспериментов использовался рентгенофлуоресцентный портативный спектрометр серии EDX-Pocket Series Genius 3000. Производительность портативного энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра Genius 3000 практически идентична настольному лабораторному анализатору. Genius XRF позволяет добиться примерно одинаковой производительности с точным лабораторным спектрометром. В результате проведенных замеров установлено, что с удалением от боковой поверхности шпалы на 80 мм содержание меди в древесине заболони сосны уменьшается в 1,36 раз.

Для оперативной корректировки водных растворов медьсодержащих антисептиков в процессе автоклавной пропитки предложено использовать зависимость электропроводности от концентрации антисептика в растворе. С помощью кондуктометра Thermo Scientific Orion Star A112 были получены данные электропроводности раствора на основе антисептика Tanalith E 3492.

По результатам измерений выведено уравнение и построена диаграмма. Диаграмма позволяет определять концентрацию раствора антисептика в зависимости от электропроводности.

В случае использования на производстве для пропитки эмульсионных составов на основе масел (СМПС, СВСМ) [1] предлагается производить их корректировку по содержанию воды. Содержание воды можно определять по методу Дина-Старка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Божелко И. К. Технология низкотемпературной пропитки шпалопродукции / И. К. Божелко // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2011. – Вып. XIX. – С. 204–207.

УДК 674.048.3

В. В. Трутько, асп.; И. К. Божелко, ассист.;
В. Б. Снопков, доцент, канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗРУШЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

В период эксплуатации древесина подвергается воздействию суровым условиям окружающей среды, которые влияют на ее долговечность. Для прогнозирования срока службы необходимо знать, какие разрушающие факторы, характерны для той или иной среды эксплуатации. Поэтому целью работы является идентификация этих факторов.

Для исследования выбраны абиотические и биологические факторы среды эксплуатации. Среди них главную роль в разрушении древесины играют биологические агенты. К ним относятся грибы, насекомые (жуки, термиты) и морские древооточцы (моллюски, ракообразные).

За период длительной эксплуатации древесины сказывается воздействие абиотических факторов. Среди них выделены климатические и эдафические факторы, которые устанавливают характер природной среды и вызывают физико-химические преобразование древесины (усушка, разбухание, коробление, образование трещин, процесс делигнификации, эрозия волокон).

Определение разрушающих факторов для различных условий эксплуатации проводили, используя классификацию условий службы древесины, предложенную стандартом EN 335-2:2006 [2]. В зависимости от источников и особенностей увлажнения материала выделяют пять классов условий службы древесины.

Класс 1. Характеризуется эксплуатацией древесины в помещении в условиях гигроскопического увлажнения, где она не подвергается воздействию грибов. Но возможно повреждение дереворазрушающими жуками. В условиях тропического и субтропического климата опасность создают термиты.

Класс 2. Определяет эксплуатацию древесины в помещении в условиях редкого увлажнения за счет различных видов влаги (эксплуатационная, капельножидкая, конструкционная, поверхностная конденсация). В условиях колебания влажности и температуры и при неподвижном воздухе активно развиваются плесневые и дереворазрушающие грибы, а также целлюлозоразрушающие грибы, вызывающие образование красной или бурой гнили. Разрушающие действие оказывают и насекомые (жуки, термиты).

Класс 3. Характеризуется эксплуатацией древесины на открытом воздухе. Разрушение древесины происходит под влиянием климатических факторов (колебания влажности и температуры воздуха, солнечное излучение, ветровые нагрузки, атмосферные осадки). Последние являются источником увлажнения древесины. При этом важное значение имеют суточные, сезонные и годовые изменения метеорологических показателей. Влажностные условия благоприятны для развития насекомых, плесневых, деревоокрашивающих и дереворазрушающих грибов, вызывающих образование бурой и белой гнили.

Класс 4. Предусматривает эксплуатацию древесины в условиях периодического или частого увлажнения в контакте с почвой или пресной водой. Кроме климатических факторов, разрушающее действие оказывают эдафические факторы, которые характеризуются параметрами почвенной среды: влажность, температура, тип почвы. Наиболее опасная зона разрушения древесины располагается на границе земля-воздух, которая может подниматься выше, либо снижаться глубже в землю.

Изделия из древесины, эксплуатируемые под водой, гниению не подвергаются. Но при частичном погружении зона гниения располагается немного выше уровня воды. В данных средах при благоприятных условиях древесина разрушается не только насекомыми, деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами, но и грибами умеренной гнили.

Класс 5. Характеризуется эксплуатацией древесины в морской воде. При частичном погружении в морскую воду на древесину оказывают влияние, главным образом климатические факторы. Все разрушители, присущие четырем классам, оказывают воздействие на древесину, но основными являются морские древоточцы (моллюски и ракообразные).

Таким образом, с возрастанием класса условий службы древесины наблюдается ужесточение условий эксплуатации под влиянием абиотических факторов, усиление атаки биологическими агентами, вызывающими определенный характер поражения материала.

Совместное воздействие факторов среды эксплуатации определяют скорость процесса разрушения древесины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трутко, В. В. Определение параметров защищенности древесины в зависимости от класса условий службы. / В. В. Трутко, В. Б. Снопков // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. промышленность. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 134–137.

УДК 674.048.5

И.Г. Федосенко, доц., канд. техн. наук.
(БГТУ, г. Минск)

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ В ДРЕВЕСИНУ

Часто при контроле защищенности деревянных элементов конструкций и строительных изделий требуется оценить глубину проникновения защитного состава в древесину.

На сегодняшний день оценить этот показатель можно при помощи частично-разрушающих и разрушающих способов. В качестве первого случая чаще используют точечный отбор пробы в виде керна диаметром 4–6 мм. Для осуществления разрушающего способа требуется выполнить поперечный распил всего элемента по сечению и/или расколоть полученный отрез на части, которые в дальнейшем используют как пробы для исследования.

При использовании бесцветных защитных средств контроль глубины проникновения в древесину осуществляется путем проявления проб согласно ВСН 57-88(р), т.е. их обработки специальными химическими веществами – индикаторами (по СНиП III-19-76), при реакции с которым следы защитного средства придают окраску древесине и появляется относительно отчетливая цветовая граница.

Если защитное средство имеет насыщенную окраску, то в пропитателях нет необходимости и граница пропитанной древесины от непропитанной легко различима.

Задача аналогичного контроля стоит и перед производителями пропитанной древесины, которые должны наблюдать за глубиной проникновения защитного состава. Причем, это требуется делать постоянно и без значительного повреждения готовой продукции. На отечественных предприятиях, непосредственно производящих пропитанную древесину, глубина пропитки лишь прогнозируется исходя из поглощения древесиной защитного средства, однако этого недостаточно для выходного контроля продукции. Оптимальными для контроля глубины пропитки в этом случае могут быть малоразрушающие или неразрушающие способы. О последних информации крайне мало и они не являются стандартизированными. Теперь это стало возможно с использованием кондуктометрических способов, т.е. контролем глубины пропитки по измерению влаги, образуемой проникающим водным раствором защитного средства. Наиболее перспективными и универсальными, но, в то же время, дорогими являются способы томографии.

В этой работе использовались малоразрушающие и разрушающие способы определения глубины проникновения защитных составов.

Были выбраны составы, окрашивающие древесину в контрастный цвет: Thanalith E с концентрацией 4 и 8 %, средство огнебиозащитное «ЭК-1», сланцевое масло и состав марки «В» ОАО «Лесохимик». В качестве проб использовали образцы древесины сосны размерами 20×20×100 мм (последний размер вдоль волокон), пропитанные способом прогрев-холодная ванна с выдержкой 45 мин. под нагревом до 90 °С и пропиткой в течении того же времени с температурой раствора 21 °С. Половина образцов распиливалась и раскалывалась согласно ГОСТ 27014-86, а остальная половина использовалась для отбора керна, ввинчиванием бура поперек волокон древесины.

Для отбора проб в виде керна диаметром 5 мм использовали возрастную бур Haglof длиной 300 мм, производства Швеции. Для распиливания образцов использовали традиционную ножовку с мелким зубом, для раскалывания – долото и молоток.

Измерение глубины проникновения осуществляли при помощи измерительной лупы ЛИ 2-8^х, производства «БелОМО».

Принимая во внимание тот факт, что при раскалывании исключается поверхностное окрашивание смежных с пропитанной зон древесины из-за контакта с делительным инструментом, можно выделить этот способ за контрольный.

Установлено, что при пропитке любыми защитными средствами способ измерения глубины пропитки по керну показывает завышенные результаты. Так, глубина проникновения, измеренная по керну всегда превышает 1 мм и в 2–10 раз больше, чем измеренная на расколотых пробах. Это явление в перспективе планируется проверить при более глубокой пропитке, чтобы доказать или отвергнуть гипотезу о погрешности этого способа.

Такое завышение результатов может быть связано и с особенностями проникновения бура и упругой деформации древесины у входа в полость инструмента.

Способ измерения глубины пропитки сразу после поперечного распиливания также не может быть достаточно точным из-за контакта пилы с неокрашенной (непропитанной) древесиной. Так, глубина проникновения, измеренная этим способом меньше, чем измеренная по керну, однако превышает, измеренную на расколотых пробах.

Следовательно, способ определения глубины проникновения защитных средств следует выбирать исходя из возможности отбора проб, сечения и длины объекта, а также нормативной глубины проникновения исследуемого защитного средства в древесину.

УДК 721.012

М. С. Насиров, ассистент Азербайджанского архитектурно-строительного университета, аспирант БГТУ

СРЕДНЕВЕКОВАЯ ИСТОРИЯ АЗЕРБАЙДЖАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ В ПАМЯТНИКАХ

В современном Азербайджане очень важно сохранить древнюю культуру, это сохранит преемственность ее от поколения к поколению и передаст лучшие традиции вековой давности. Необходимо сохранить исторические памятники древнего зодчества, найти методы и способы защиты исторических памятников деревянного зодчества от огне- и биоразрушения. Обеспечить государственную и всенародную поддержку сохранению памятников древности.

Памятники древнего зодчества представляют высокую культурную ценность. Так 24 октября 2001 года дворец Шекинских ханов, наряду с исторической частью города, был представлен в качестве кандидата на несение в список всемирного наследия ЮНЕСКО. В сентябре 2002 года в рамках проекта «Охраны культурного наследия» была начата реставрация дворца. 1 августа 2010 года. Генеральный директор ЮНЕСКО Ирина Бокова, в рамках своего официального визита в Азербайджан, побывав в Шеки, посетила и дворец шекинских ханов. В этих мероприятиях есть большие усилия со стороны первой леди Азербайджана Мехрибана Алиева, так как она является послом доброй воли в ЮНЕСКО. Также и правительство Азербайджана в главе президента Ильхама Алиева уделяют большое внимание сохранению культурного наследия. Он лично интересуется ремонтными и реставрационными работами, участвует при открытиях после ремонтных и реставрационных работ

В связи с этим для сохранения культурного наследия и преемственности поколений вести реставрацию исторических памятников с сохранением всех особенностей строительства, в том числе и сохраняя деревянные изделия. А для этого надо разработать защитные средства и методы проведения защитных мероприятий для повышения долговечности деревянных строительных конструкций и изделий древних строений

ЛИТЕРАТУРА

1. Бретаницкий Л. С. Дворец Шекинских ханов. Архитектура Азербайджана. — Баку, 1952.

2. Насиров М.С. Средневековая история Азербайджана и использование древесины в памятниках.//Архитектура и Строительные Науки-№ 1,2(18,19) – Минск-2014, стр.47-49

УДК 625.731

Е. В. Наливко, ассистент; С. В. Шетько, доцент, канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

МЕТОДЫ РАСЧЕТА СЛОИСТЫХ ПАНЕЛЕЙ С БУМАЖНЫМ СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

В последнее время в мебельной промышленности наблюдается тенденция перехода к новым рациональным конструкциям – облегченным щитам с сотовым наполнителем. Это позволяет заменить мебельные детали из дорогостоящих традиционных древесных материалов деталями из облегченного щита, уменьшить расход сырья, снизить себестоимость и вес изделий, повысить производительность труда и, вместе с тем, улучшить качество изделий, рационально использовать древесину, расширить кооперацию мебельных и столярно-строительных предприятий и т. д.

Основными факторами, сдерживающими широкое использование слоистых щитов в изделиях мебели, является: отсутствие опытных данных для расчета оптимальных толщин щитов, отдельных показателей свойств материалов, по которым можно было бы их определить расчетным методом; отсутствие методики выбора древесных плитных материалов и сотового наполнителя, которая позволяла бы определять напряжения и деформации в щите при действии нагрузок, и на их основе определять оптимальные параметры ячеистого щита, обеспечивающие его необходимую прочность и устойчивость при минимальном весе.

В результате работы были разработаны модели оценки эксплуатационных показателей облегченного щита по прочностным показателям его структурных элементов: растяжение-сжатие обшивок; сдвиг по клеевому соединению и устойчивость сотового наполнителя при сжатии. Были установлены и описаны механизмы разрушения слоистых щитов: потеря устойчивости наполнителя от нормальных и сдвиговых деформаций и межслойный сдвиг между обшивкой и наполнителем.

В работе изложены результаты сравнительного анализа экспериментальных и новых численных методов исследования конструкций. Рассмотрен пример компьютерного анализа прочности облегченного щита при статическом изгибе с применением метода конечных элементов. Исследования решают задачи совершенствования конструкции и процесса подготовки производства облегченных щитов с сотовым наполнителем на основе современных информационных технологий.

УДК 674.812–41: 674.213 (043.3)

Утгоф С.С. мл. науч. сотр., канд. техн. наук.
Игнатович Л.В. доцент, канд. техн. наук.
(БГТУ, Минск)

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ

В последние годы отдается предпочтение многослойным паркетным изделиям, из которых наиболее востребованной является паркетная доска с лицевым слоем из твердолиственных пород древесины в виде ламели.

Использование древесины мягколиственных пород не нашло широкого применения в производстве многослойных паркетных изделий в качестве лицевого слоя в связи со сравнительно низкими физико-механическими и эксплуатационными показателями.

В качестве способа улучшения физико-механических свойств древесины научно обоснован и применен метод термомеханического модифицирования. В ходе анализа основных факторов влияющих на процесс термомеханического модифицирования древесины были выявлены три основных параметра, в наибольшей степени влияющих на свойства получаемого материала: давление, температура и время термомеханического модифицирования.

В результате исследований экспериментально установлено улучшение физико-механических свойств древесины ольхи (в среднем плотности на 43%, твердости на 55%, износостойкости на 50%, влагопоглощения в 6 раз) и березы (в среднем плотности на 31%, твердости на 50%, износостойкости в 2 раза, влагопоглощения в 4 раза) за счет термомеханического модифицирования.

Так же разработаны технологические режимы получения термомеханически модифицированной древесины ольхи (давление прессования $P = 18,3$ МПа, температура прессования $T = 98,1$ С°, время прессования $t = 2,4$ мин) и березы (давление $P = 19,6$ МПа, температура $T = 110$ С° и время прессования $t = 3,0$ мин), позволяющие получать древесину с высокими показателями плотности, твердости, износостойкости и влагопоглощения, и паркетные изделия на ее основе, удовлетворяющие требованиям СТБ 2121-2010.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пижурин, А.А. Исследования процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенблит. – М., Лесная промышленность, 1984. – 232 с.

УДК 674.04

Барташевич А. А., почетный д-р, проф.;
Костюкевич Ю. Ю., магистр.
(БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬПИ-ШПОНА В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕБЕЛИ И МЕЖКОМНАТНЫХ ДВЕРЕЙ

Шпон, полученный по технологии "fine-line", сохраняет свойства традиционного шпона и имеет следующие характеристики: состав: натуральная древесина – 92–94%, клей – 7–8%, краситель – 0–2%; влажность – 8–12%; удельный вес – до 600 кг/м³ при влажности 12%; размер листов: длина от 2030 до 3150 мм, ширина от 400 до 840 мм, толщина от 0,35 до 5 мм; сопротивляемость воздействию света: сходна с натуральной древесиной, но может быть улучшена обработкой УФ лучами во время последней технологической операции.

Достоинства Альпи-шпона: стабильность свойств, равномерность рисунка и цвета; минимальное количество дефектов, возможность создания различной текстуры и цвета и производить целые серии изделий с одинаковыми поверхностями; возможность использования для изготовления изделий большого размера например, межкомнатных дверей.

Недостатком уплотненного шпона по сравнению со шпоном из натуральной древесины можно считать его малую плотность. Это требует повышенного расхода клея и лакокрасочного материала. Вероятно также, что шпон небольшой плотности будет иметь пониженную твердость и износостойкость. Улучшить эти показатели можно за счет уплотнения шпона

На уплотнение шпона наибольшее влияние оказывают давление прессования и температура, затем продолжительность прессования. Уплотнение Альпи-шпона целесообразно вести при давлении 20 – 25 МПа, температуре плит пресса не менее 90°C и продолжительности прессования 1 мин. При этом степень уплотнения составит примерно 20 %, что достаточно. Плотность уплотненного шпона может быть достигнута величиной 800–900 кг/м³.

Уплотненный альпи-шпон имеет высокую эластичность и может использоваться для облицовывания элементов со сложным в сечении профилем. Установлено снижение расхода клеевых (на 13%) и лакокрасочных материалов (грунта на 30%) при высоких значениях прочности склеивания лицевого слоя из уплотненной древесины с основанием (7,4–7,8 МПа) и адгезии защитно-декоративных покрытий к уплотненной древесине (7,1–7,5 МПа).

УДК 620.22-419.8-034.71

Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук;
Н.А. Свидунович, проф., д-р. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)
А.Т. Волочко, зав. отделом, д-р. техн. наук;
А.А. Шегидевич, науч. сотр.
(ГНУ «ФТИ НАН Беларуси»)
С.Н. Лежнев, проректор по учебной работе
(КГИУ, Республика Казахстан)
А.В. Омелюсик, инж.
(БГТУ, г. Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАЗИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ АЛЮМИНИЕВЫХ КОМПОЗИТОВ

Настоящая работа посвящена изучению возможности получения алюминиевых композитов армированных микронными частицами стабильных квазикристаллов системы Al-Cu-Fe с повышенными триботехническими и механическими свойствами.

В лабораторных условиях изготовлены полуфабрикаты из сплава АК9, армированного порошком, содержащим стабильную квазикристаллическую фазу $Al_{65}Cu_{25}Fe_{12}$, β , λ , θ -фазы. В приведенных результатах показаны особенности структурного состояния изученных композитов, что благоприятно отразилось на комплексе их физико-механических и эксплуатационных свойств.

Исследование триботехнических свойств композиционного материала на основе сплава АК9, армированного порошком $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ содержащим квазикристаллическую икосаэдрическую фазу, показало достаточно низкое и очень стабильное значение коэффициента трения. У образца с содержанием 15 мас.% квазикристаллических частиц наблюдается коэффициент трения на уровне 0,04–0,05, что очень близко по значению к керамическим материалам. При этом хрупкого разрушения образца не происходит, т.к. алюминиевая матрица выполняет роль связующего.

В сочетании с хорошими триботехническими характеристиками полученные композиты продемонстрировали повышенные прочностные свойства при высоких температурах. Так без дополнительной термической обработки композиты имеют предел прочности при сжатии в 1,5–2 раза выше по сравнению с матрицей-основой. При испытаниях в температурном интервале 20–200°C образцы, армированные частицами квазикристалла, показывают высокие прочностные свойства, так при температуре 200°C предел прочности при сжатии увеличивается в 2–4 раз в зависимости от содержания квазикристаллических частиц в смеси.

УДК669.24/29.018:[539/25+539/26]

Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук; Н.А. Свидунович, проф.,
д-р. техн. наук; Г.П. Окатова, ст. науч. сотр.
(БГТУ, г. Минск) В.С. Урбанович, зав. отделом
(ГО НПЦ по материаловедению НАН Беларуси, г. Минск)
В.М. Ойченко, вед. науч. сотр.
(ФТИ им. Иоффе, г. Санкт-Петербург);
Раковец А.С., студ (БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗА НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НАНОУГЛЕРОДА

Спеканием под высоким давлением 4 ГПа недорогих наноуглеродных материалов (экстрагированная фуллереновая сажа, фуллереновая чернь) с добавлением 10% Fe получены образцы нанокompозита с микротвердостью включений сверхтвердой фазы соизмеримой с твердостью алмаза, фазы-основы до 14,6 ГПа. Полученные в композите сверхтвердые частицы имеют высокую твердость, что подтверждается их способностью царапать стекло и высокотвердые стали. Нанокompозит имеет удельный вес 2,14–2,18 г/см³ и характерный стекловидный излом.

Методами световой и сканирующей электронной микроскопии, рентгеновской дифракции и микрорентгеноспектрального анализа установлено, что полученный композиционный материал на ~90% представляет собой сплошную углеродную фазу с аморфной составляющей и нанокристаллитами различной морфологии и степени дисперсности (1,5–14,5 nm), а также содержит включения дисперсных частиц α -Fe и карбидов Fe.

Элементный микрорентгеноспектральный анализ по площади показал, что супертвердые частицы состоят из C, фаза-основа – из C с включениями Fe от 1,8 до 7–10 масс.%. Содержание Fe (порядка 7–10%) в изломе фазы-основы близко к положенному в шихту – 10% и расположено достаточно равномерно в виде дисперсно распределенных частиц различного размера.

Анализ микростроения частиц белого цвета на основе Fe навел на мысль, что частицы железного порошка являются катализаторами зарождения супертвердых частиц: это убедительно иллюстрируется структурой железных частиц – серая фаза как бы наползает на них по краям; в продольном изломе обнаружено, что в центре больших супертвердых частиц располагаются частицы Fe.

Таким образом, исследованием выявлена важная роль добавки Fe в зарождении супертвердых частиц внутри фазы-основы композита C-Fe, т. е. возможно добавка 10% Fe явилась катализатором этого процесса.

УДК 621.934(043.3)

С.Д. Латушкина, зав. отделом (ГНУ «ФТИ НАН Беларуси»)

Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук; С.И. Карпович, вед. науч. сотр.;

О.Ю. Пискунова, инж. (БГТУ, г. Минск)

Гладкий О.И., инж.; Терещук В.Ю., инж. (ГНУ «ФТИ НАН Беларуси»)

МНОГОСЛОЙНЫЕ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ TiN

Наиболее эффективным методом борьбы с абразивным износом инструмента является нанесение упрочняющих многослойных покрытий на основе соединений тугоплавких металлов, характеризующихся высокой твердостью [1]. Однако кристаллическая структура слоев из таких соединений довольно крупнозернистая, что не позволяет обеспечить их высокую защитную способность. Кроме того, в процессе эксплуатации инструмент подвергается значительным термоциклическим нагрузкам. Известно, что температура в зоне резания может достигать 1000°C и более [2, 3]. Это приводит к постоянной рекристаллизации структуры с укрупнением размера зерна и существенным снижением коррозионной стойкости, обусловленной быстрым сопутствующим образованием пор в покрытии. В результате срок службы инструмента сокращается.

Решением данной проблемы является использование в составе многослойной композиции слоев на основе TiN, легированных Cr.

В настоящей работе пленки осаждали на установке УРМЗ.279.048, модифицированной встроенной системой сепарации плазмы, на пластины, изготовленные из стали 12X18H10T, а также на твердосплавные пластины. Ионную очистку осуществляли при потенциале смещения – 1,5 кВ ионами титанового катода, после этого осаждали пленку на основе легированного титана. Распыление проводили в плазме азота. Требуемое соотношение количества легированного элемента в составе пленки достигалось изменением тока дуги на хромовом катоде. Слой нитрида титана осаждали при парциальном давлении азота $0,5 \cdot 10^{-2}$ Па. Коррозионную стойкость полученного инструмента определяли на пластинах из стали по величине стационарного потенциала на основании поляризационных измерений в 3%-ном растворе NaCl с помощью потенциостата П-5848. Измерения микротвердости покрытий проводили на микротвердомере Duramin при нагрузке 25 г.

Как показали полученные результаты, наличие пленки на основе легированного титана в составе многослойного покрытия приводит к повышению микротвердости покрытия и сдвигу стационарного потенциала в положительную сторону (рисунок).

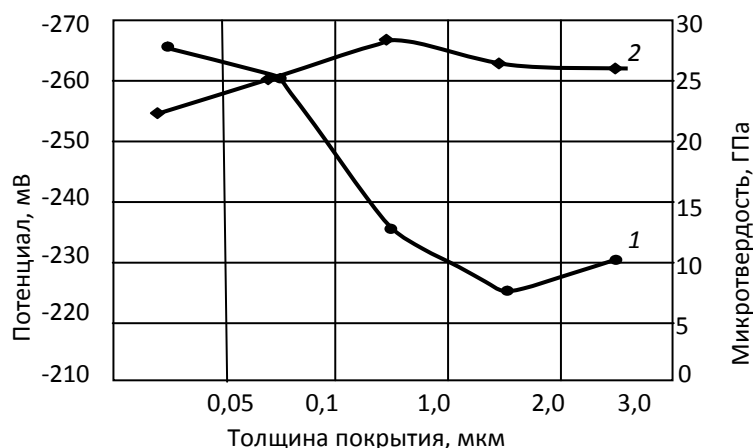


Рисунок – Влияние толщины легированного слоя на свойства многослойного покрытия:

1 – стационарный электродный потенциал; 2 – микротвердость

Известно, что введение легирующего элемента в покрытия на основе нитрида титана обеспечивает измельчение структуры упрочняющего слоя. Это повышает микротвердость и снижает пористость, а также химическую активность межзеренных границ упрочняющей пленки нитрида титана. Снижение количества пор обеспечивает соответствующее уменьшение количества очагов коррозии. Снижение химической активности межзеренных границ при эксплуатации инструмента в условиях комбинированного воздействия агрессивной среды и механических частиц (коррозионно-абразивный износ) обеспечивает значительно бóльшую энергию активации для вступления материала пленки в химическую реакцию с агрессивной средой, что проявляется в уменьшении скорости появления новых пор и значительном возрастании коррозионной стойкости.

Таким образом, упрочнение инструмента многослойным покрытием, включающим слои с легирующим элементом должно увеличивать срок его службы, что обеспечивается модификацией кристаллической структуры его упрочняющей пленки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вершина А.К., Агеев В.А. Ионно-плазменные защитно-декоративные покрытия. – Гомель; ИММС НАН Беларуси, 2001. – 172 с.
2. Резников А.Н. Теплофизика резания. – М.: Машиностроение, 1969. – С. 288.
3. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер А.С. Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании. Резание материалов: – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2011. – С. 448.

УДК 669.056.9:620

С.И. Карпович, вед. науч. сотр. (БГТУ, г. Минск)
С.Д. Латушкина, зав. отделом (ГНУ «ФТИ НАН Беларуси»)
С.С. Карпович, доц., канд. техн. наук (БНТУ, г. Минск)
О.Ю. Пискунова, инж. (БГТУ, г. Минск)

КОНСТРУКЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ФРЕЗ С УПРОЧНЯЮЩИМИ ПОКРЫТИЯМИ

Технология проектирования и изготовления фрезерного инструмента для обработки профильных и плоских поверхностей на высокоскоростных режимах резания актуальная проблема сегодняшнего машиностроения.

Фрезерование – широко применяемая высокопроизводительная технология механической обработки плоских и профильных поверхностей. Такие возможности, этому способу механической обработки, обеспечивает инструмент – цилиндрические, дисковые, угловые, отрезные и другие типы фрез. Качество поверхности и точность обработки при фрезеровании зависят от станочного оборудования, режимов обработки и возможностей инструмента. Так для дереворежущих фрез радиальное биение не должно превышать 0,06 мм., а дисбаланс не более 50 г·мм.

При расчете дисбаланса учитывается масса и диаметр фрезы. Диаметр фрезы задается технологическими параметрами процесса резания, а масса инструмента зависит от его конструкции и металла корпуса. Для уменьшения дисбаланса более простым и легкоосуществимым является уменьшение массы фрезы за счет применения легких сплавов для изготовления корпусов фрез. В этом источнике расчетным путем показано, что уменьшение дисбаланса пропорционально снижению массы фрезы при прочих одинаковых показателях.

Разработанные конструкции фрез с облегченным корпусом базируется на принципе совмещения функции корпуса режущим элементом, что снижает металлоемкость инструмента, уменьшает мощность резания за счет «свободного» удаления стружки из зоны резания, упрощает технологию изготовления фрез для обработки радиусных, плоских поверхностей.

Фрезы предлагаемой конструкции рекомендуются к применению, в первую очередь, для обработки древесины и материалов на ее основе на высокопроизводительном, скоростном оборудовании.

Масса радиусной опытной фрезы, изготовленная по предлагаемой технологии, составила 430 г, а однотипная фреза, изготовленная по традиционной технологии имеет массу 1000 г.

УДК 669.056.9:620.1.(047.31)

С.С. Карпович, доц., канд. техн. наук (БНТУ, г. Минск)
 Н.В. Карпович, маг.; Н.В. Карпович, вед. науч. сотр.
 (БГТУ, г. Минск)

ПРИНЦИП ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Древесина и материалы на ее основе имеют технологическую особенность, изделия из них изготавливаются в основном механической обработкой. Технология резания обеспечивает высокую точность размеров заготовок, хорошее качество поверхности, возможности обработки как плоских так и сложных профильных поверхностей. К недостаткам технологии резания относят существенный объем отходов и высокую энергоемкость процесса. В стоимости изделий из древесины энергозатраты составляют до 20-30%. Ресурсо- и энергосбережение является актуальной задачей на всех стадиях обработки древесины резанием.

Энергоемкость процесса резания зависит от многих параметров. Расчет силовых параметров резания производят с учетом свойств обрабатываемого материала, режимов резания, геометрии режущих инструментов. Суммарная мощность резания состоит из затрат на преодоление упругой и пластической деформации снимаемого слоя и поверхностных слоев обработанного материала, на преодоление сил трения между инструментом и обрабатываемым материалом, на разрушение механической связи между материалом и удаляемым слоем. Резание сопровождается еще одним энергозатратным процессом, который в настоящее время не учитывается при расчете мощности. В момент отделения снимаемого слоя от заготовки объему стружки практически мгновенно придается ускорение от нуля до значения скорости резания. Представляет интерес рассмотреть влияние этого фактора на энергозатраты, идущие на придание снимаемому объему (стружке) ускорения до этих значений.

Произведен расчет мощности, затрачиваемой на отбрасывание стружки с учетом следующих параметров фрезы. Исходные данные:

- диаметр фрезы – $D = 120$ мм;
 - число зубьев – 4 шт;
 - частота шпинделя станка $n_0 = 10000$ об/мин;
 - подача – 0,2 мм/зуб;
 - глубина резания – $P = 5$ мм;
 - ширина фрезерования – $S = 100$ мм;
 - плотность древесины – $\rho = 500$ кг/м³;
- Скорость резания – $V = 3770$ м/мин = 62,8 м/с.

С учетом подачи на зуб 0,2 мм, числа зубьев – 4 шт, и частоты вращения шпинделя $n_0 = 10000$ об/мин скорость подачи будет составлять:

$$V_{\text{п}} = 0,2 \cdot 4 \cdot 10000 = 8000 \text{ мм/мин} = 0,13 \text{ м/с.}$$

Масса удаляемой стружки в единицу времени:

$$M = \rho \cdot V_n \cdot t \cdot V = 500 \cdot 0,13 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 = 3,25 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с.}$$

Исходя из этих параметров мощность, расходуемая на отбрасывание стружки, будет составлять:

$$N = (M \cdot V^2) / 2 = (3,25 \cdot 10^{-2} \cdot 62,8^2) / 2 = 64,09 \text{ Вт.}$$

С учетом тенденции применения высокоскоростных станков и того, что энергозатраты возрастают в квадрате скорости резания, решение этой проблемы приобретает практическое значение.

Для уменьшения энергоемкости процесса отбрасывания стружки необходимо, чтобы она беспрепятственно перемещалась по передней поверхности режущего клинка и удалялась из зоны резания в свободном падении, т.е. должен отсутствовать закрытый объем межзубовой впадины.

Деформация срезаемого объема составляет физическую основу процесса стружкообразования, и экономия может осуществляться только за счет уменьшения объема деформируемого слоя, что достигается уменьшением угла заострения режущего клина, доводкой кромки лезвия.

Энергоемкость процесса резания можно снизить путем создания условий удаления стружки, опилок из междузубной впадины без образования брикетов, что одновременно устраняет трение спрессованного брикета, стружки, опилок о стенки пропила.

Практически реализовать возможность снижения энергоемкости процесса резания можно за счет устранения деформации, дробления, уплотнения отходов в межзубовой впадине в случае, когда будет обеспечено «свободное» удаление снимаемого слоя в зоне резания, т.е. при неограниченном объеме впадины. При такой схеме работы инструмента с открытыми межзубовыми впадинами дополнительно снижаются энергозатраты, связанные с приданием массе снимаемого слоя ускорения до значения скорости резания.

По такому принципу разработаны конструкции дереворежущих фрез для обработки плоских и радиусных поверхностей.

УДК 674.055

П.В. Рудак, доц., канд. техн. наук,
(БГТУ, г. Минск);

П. Бир, проф., канд. техн. наук, П. Борисюк, доц., канд. техн. наук,
(SGGW, г. Варшава);

О.Г. Рудак, ассист., магистр техн. наук, Е.А. Зборин, студ.,
(БГТУ, г. Минск)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСПИРАЦИИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТОКОВ СТРУЖКИ, ПОКИДАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТ

Задачей описываемой разработки является повышение эффективности аспирации, сокращение энергетических затрат на удаление стружки и пыли из зоны резания плитных древесных материалов благодаря использованию собственной кинетической энергии стружки и пыли.

Решение задачи достигается тем, что процесс фрезерования плитного древесного материала осуществляется фрезой, ось которой наклонена в направлении подачи или в направлении, противоположном направлению подачи под углом, значение которого подбирается для обеспечения выхода стружки и пыли из зоны резания в направлении пылестружкоприемника.

На рис. 1 показана фреза 1, ось которой наклонена в направлении подачи (а.), а также в направлении, противоположном направлению подачи (б.) под углом наклона оси фрезы χ . Фреза совершает вращение относительно собственной оси и осуществляет фрезерование заготовки 2 со скоростью подачи V_s .

Стружка и пыль в процессе выхода из зоны резания формируют сноп 3, направленный в сторону пылестружкоприемника 4 (колпака системы аспирации (а.) или транспортера отходов обработки (б.)), что повышает полноту улавливания стружки и пыли.

Однако, не все современные деревообрабатывающие станки обладают возможностью поворота оси вращения инструмента.

Разработана фреза, содержащая режущие элементы, расположенные на корпусе под углом к оси ее вращения группами с частичным перекрытием друг друга режущими элементами соседних групп, и отличающаяся тем, что на одной образующей корпуса фрезы располагают пару режущих элементов, а на диаметрально противоположной стороне корпуса располагают отдельный режущий элемент, так, чтобы углы наклона режущих элементов к оси фрезы были 25° , при этом верхний режущий элемент пары наклоняют вниз, а нижний

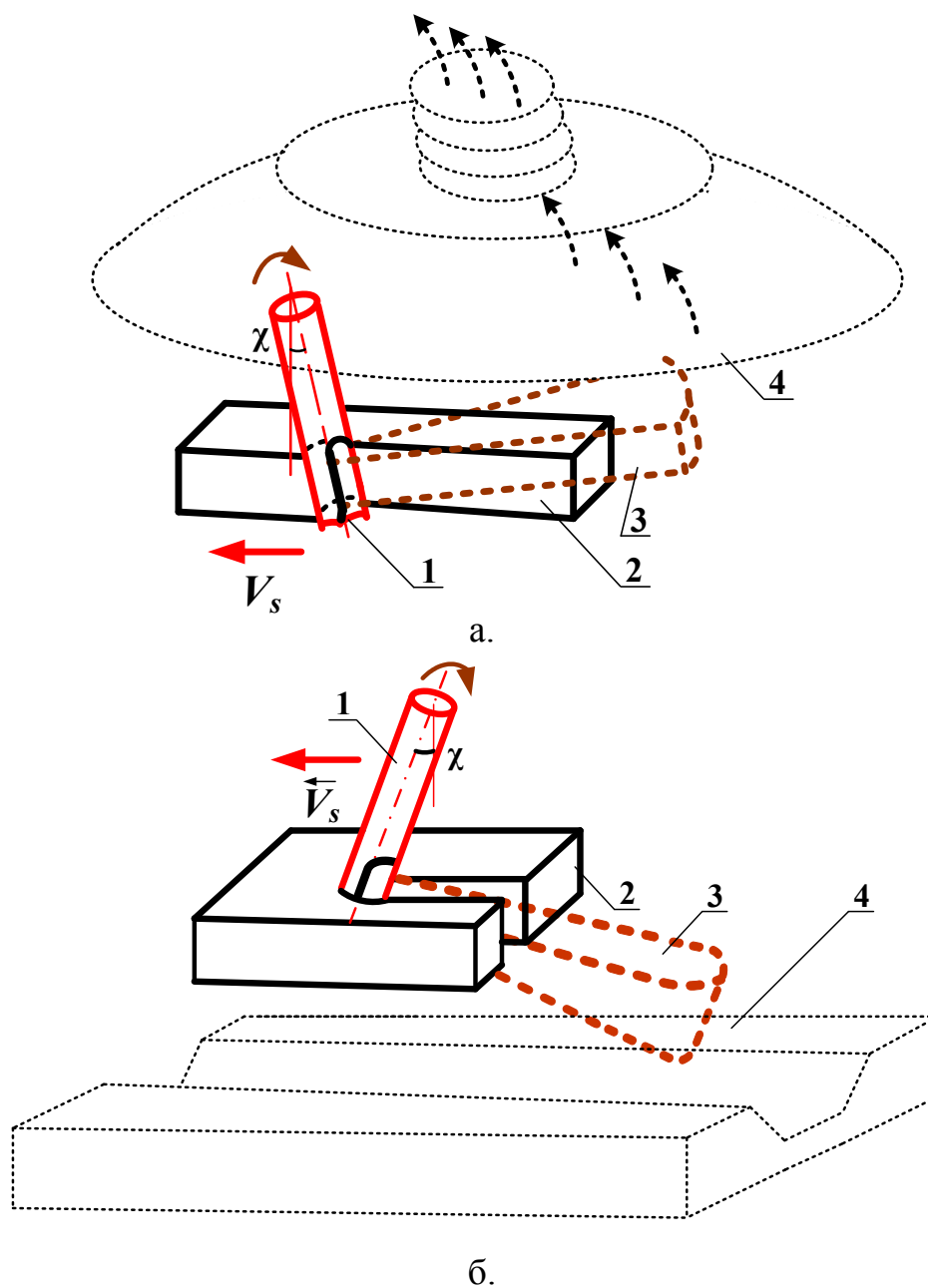


Рисунок 1 – Применение фрезы с наклоном оси относительно направления подачи

режущий элемент пары и режущий элемент, расположенный отдельно – вверх [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудак П.В. Методика энергосберегающего эффективного улавливания стружки и пыли при фрезеровании древесных материалов // П.В. Рудак и др. / Труды БГТУ. – 2014. № 2: Лесная и деревооб-
раб. пром-сть. – С. 196–198.

УДК 62-408.2

П.В. Рудак, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);

С.Д. Латушкина, зав. отделом (ГНУ «ФТИ НАН Беларуси»);

О.Ю. Пискунова, инж.; А.В. Омелюсик, инж. (БГТУ, г. Минск)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Установлена зависимость электрохимического поведения и коррозионной стойкости покрытий на основе TiN от объемного содержания легирующего элемента.

Разработаны технологические режимы нанесения наноструктурированных вакуумно-плазменных покрытий системы Ti-Al-N, исследована их термическая стабильность, а также определены основные характеристики их коррозионной стойкости.

Определены основные характеристики коррозионной стойкости наноструктурированных аустенитных сталей. Исследованы особенности структурообразования при формировании многокомпонентных вакуумно-плазменных покрытий.

Определено влияние объемного содержания легирующего элемента на электрохимическое поведение и коррозионную стойкость покрытий на основе TiN. Установлено, что низкие анодные токи для многокомпонентных покрытий обусловлены их мелкозернистой структурой, а не барьерными оксидными слоями [1].

Практическое значение разработки: предложены технологические способы управления структурой многокомпонентных покрытий.

Полученные результаты могут быть использованы для снижения количества отказов ответственных деталей и механизмов из-за коррозионных повреждений в машиностроении, деревообрабатывающей и других отраслях промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Латушкина, С.Д. Износостойкие наноструктурные композитные вакуумно-плазменные покрытия / С.Д. Латушкина, Д.В. Куис, П.В. Рудак, О.Ю. Пискунова, О.И. Посылкина, А.Г. Жижченко // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 26-28 ноября 2014 г.: в 2 ч. – Минск: БГТУ, 2014. – Ч. 2. – С. 202-206.

УДК 544.72

П.В. Рудак, доц., канд. техн. наук,
О.Г. Рудак, ассист., магистр техн. наук,
(БГТУ, г. Минск)

Е.Ю. Разумов, доц., докт. техн. наук
(Поволжский государственный технологический университет, Россия)

А. Балтрушайтис, доц., канд. техн. наук;
Г. Кятуракис, преп.

(Каунасский технологический университет, Литва)

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ

Достижение гидрофобности основывается на формировании структур с требуемыми пространственными характеристиками и свойствах поверхностных микро- и нанослоев материалов, что является областью исследований наноматериаловедения, выделяясь при этом в отдельное быстроразвивающееся направление.

Интерес представляют супергидрофобные покрытия с краевыми углами смачивания более 150° , создаваемые за счет формирования на поверхностях материалов многомодальных структур (рисунок).

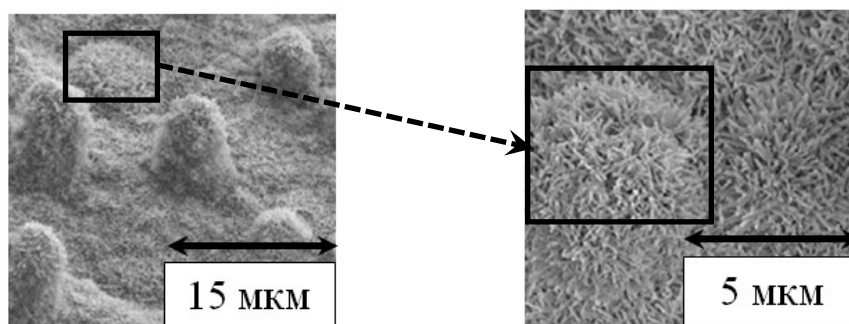


Рисунок – Многомодальность структуры супергидрофобной поверхности

На сегодняшний день применяют ряд методов создания наноструктурированных супергидрофобных покрытий.

Известны методы химического осаждения из паров, плазменного травления поверхностей полимерных материалов, фотолитографический метод, темплатные методы, методы электрохимического осаждения наночастиц, травления поверхностей материалов с последующим нанесением гидрофобных веществ, метод формирования губчатой фазы полимеризацией из растворов, метод кристаллизации фрактальных структур, получаемых извлечением подложки из расплава при нанесении алкилкетоновых димеров.

Актуально применение гидрофобных наноструктурированных покрытий в деревообработке.

УДК 621.9.02

С.Е.Бельский, доцент, канд.техн.наук (БГТУ, г.Минск);

В.Б.Левитан, инженер (ОАО «Сталекс»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ СФЕРОДВИЖНОЙ ШТАМПОВКИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Проблемой повышения эксплуатационной стойкости инструмента является актуальной для реализации высокопроизводительного процесса сферодвижной штамповки. Основным принцип такой штамповки обкатывание, обеспечивающее локализацию зоны пластической деформации. За счет локализации очага пластической деформации данный способ штамповки имеет массу преимуществ по сравнению с обычными методами горячей штамповки:

- позволяет значительно снизить силу деформации;
- обеспечивает деформирование в холодном состоянии, что значительно улучшает качество и точность получаемых изделий, позволяет избежать последующей механической обработки;
- дает возможность получения сложных деталей, штамповка которых невозможна из-за опасности разрушения инструмента.

В работе рассмотрены причины разрушения штампов при изготовлении шестерни дифференциала тракторов МТЗ. Основной причиной разрушения являлось трещинообразование у основания зубьев с последующей их поломкой.

Заготовки шестерни изготовлены из сталей 20ХНР и 12ХНЗА. Микроструктура исследуемых сталей – феррит и перлит пластинчатый и зернистый, номер зерна у поверхности зуба 9-10, а в сердцевине 8-1. Структура материала на различных участках шестерни соответствует отожженной стали. В нижней части шестерни по впадине зуба в связи с максимальной пластической деформацией отмечается текстура, особенно возле поверхности. Существенных различий степени текстурированности у исследуемых сталей не обнаружено. У вершины зуба пластическая деформация минимальна и следов течения металла не обнаружено. Следует отметить также значительную деформацию по облою. Таким образом, деформация зерен наблюдается только в нижней части зуба (ниже половины высоты эвольвенты). Наличие окалины у поверхности зуба незначительно и не должно существенно влиять на стойкость инструмента, а также последующую эксплуатацию шестерни.

Для определения степени наклепа материала заготовки проведено исследование микротвердости различных участков. Исследование проводилось на приборах ПМТ-3М и Struers при нагрузке 200 г.

Распределение твердости по глубине от поверхности приведено на рисунке. Характер распределения твердости у сталей 20ХНР и 12ХНЗА существенно не меняется (различия на графиках связаны прежде всего с большим разбросом экспериментальных данных).

Как видно из приведенных данных у вершины зуба со стороны поверхности наклеп практически отсутствует. В нижней части зуба степень упрочнения материала заготовки возрастает. Наибольшая степень наклепа обнаружена у основания зуба, т.е. по облою заготовки (см. рисунок). Твердость материала повышена как в верхней, так и в нижней части облоя (примерно на 4,0 мм от его поверхности). Для исследуемых сталей отмечен значительный разброс данных на различных участках облоя. Очевидно, подобный наклеп материала заготовки у основания зуба наряду со знакопеременными напряжениями в инструменте на данном участке и является основной причиной его поломки.

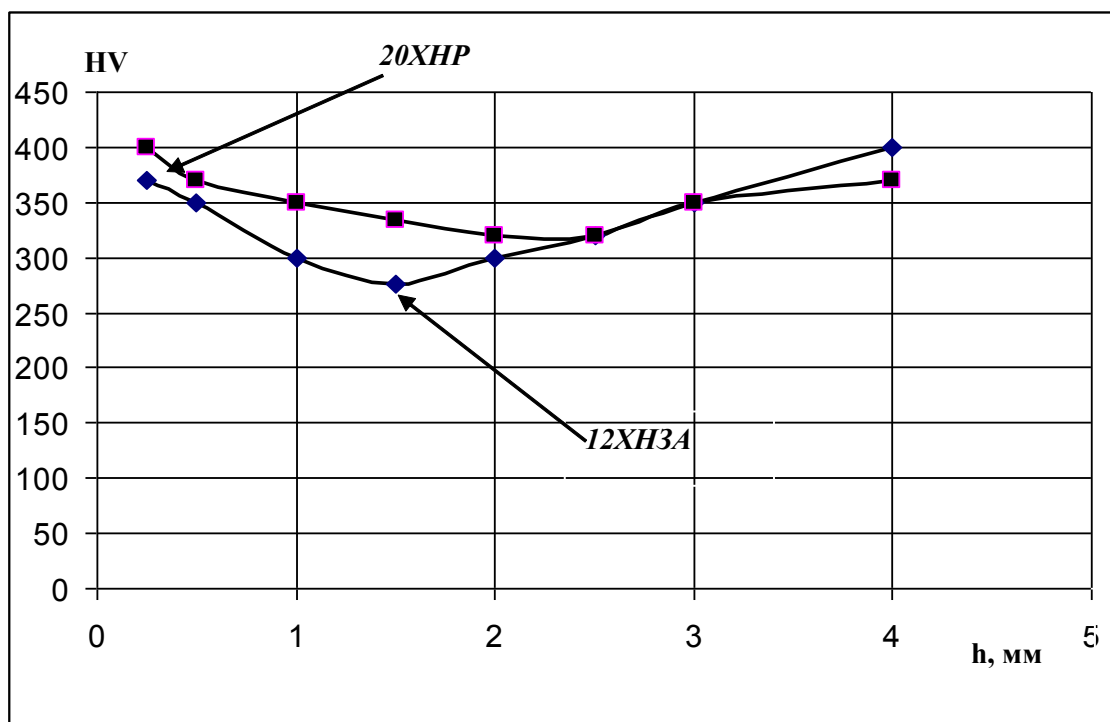


Рисунок – Распределение твердости у основания зуба

УДК 621.86.001

С. А. Осоко, асс., А. Ф. Дулевич, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)**ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРОВ ОПОРНЫХ РОЛИКОВ НА
МОЩНОСТЬ ПРИВОДА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА**

Снижение себестоимости производства продукции является одним из главных факторов влияющих на конкурентоспособность выпускаемой продукции. В отдельных отраслях промышленности энергозатраты при выпуске продукции составляют до 30%. Значительная часть их приходится на транспортные операции. Целью исследования было найти пути снижения энергоемкости привода ленточного конвейера.

Требуемая мощность привода зависит от скорости движения ленты, V , м/с, и тяговой силы F_0 .

$$P = \frac{F_0 V}{10^3}.$$

Исследованием установлено, что на величину тяговой силы влияют диаметры роликов, установленные в опорах, поддерживающие ленту.

Результаты расчетов мощности на приводном валу от диаметров роликов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние диаметра роликов на требуемую мощность привода

Диаметр осей роликов d , мм	Диаметр роликов D , мм	Мощность на приводном валу P_0 , кВт
63	40	1,499
89	47	1,281
108	47	1,080
133	52	1,004
159	62	1,039
194	72	1,048

Выводы

Увеличение диаметра ролика приводит к уменьшению требуемой мощности привода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осоко, С. А. Пути снижения мощности привода ленточного конвейера // Труды БГТУ. Сер. II Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 256–258.

УДК 624.041

Лось А.М., ассист.; Блохин А.В., к.т.н., ст. преп.;
Ярмолик С.В., ассист.
(БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩЕЙ РАМЫ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ МЕТАЛЛОПРОКАТА

Расчетная схема нагрузок, действующих на проектируемую несущую раму, составленная в препроцессоре Ansys представлена на рис. 1. При создании расчетной схемы были поставлены ограничивающие условия, учитывающие степень свободы узлов, заданы внешние нагрузки.

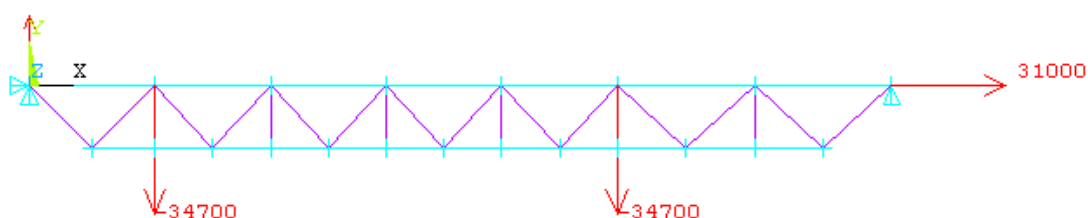


Рис. 1. Расчетная схема

Проводимые нами исследования были направлены на подбор оптимальной конструкции и сечений пространственной металлоконструкции, воспринимающей действующие нагрузки.

Одним из вариантов была принята схема пространственной рамы с поперечными горизонтальными раскосами и вертикальными стойками, конечно-элементная модель и расчетная схема которой представлена на рис. 2. Все элементы несущей фермы в сечении имеют полое прямоугольное сечение. Рассматривались три варианта размеров сечений горизонтальных несущих поясов 100×60×4 мм, 100×60×5 мм, 120×80×5 мм. Вертикальные стойки и раскосы для всех случаев приняты сечением 50×50×3 мм.

Максимальные растягивающие напряжения в нижнем поясе сечением 100×60×4 мм составляют $\sigma_{\max} = 137$ МПа. Напряжения в наиболее растянутых стержнях раскосов изменяются от 40 до 50 МПа и имеют значительный запас прочности ($n = 7,75-6,2$). Верхние пояса и вертикальные стойки находятся в сжатом состоянии.

При использовании в качестве несущих поясов труб прямоугольного сечения размерами 100×60×5 мм, растягивающие напряжения достигают максимального значения $\sigma_{\max} = 113$ МПа, при этом прогиб слоев конструкции составляет 11,88 мм, что значительно

меньше, чем при использовании сечения $100 \times 60 \times 4$ мм. Напряжения в раскосах здесь также не велики и изменяются в диапазоне 40–50 МПа.

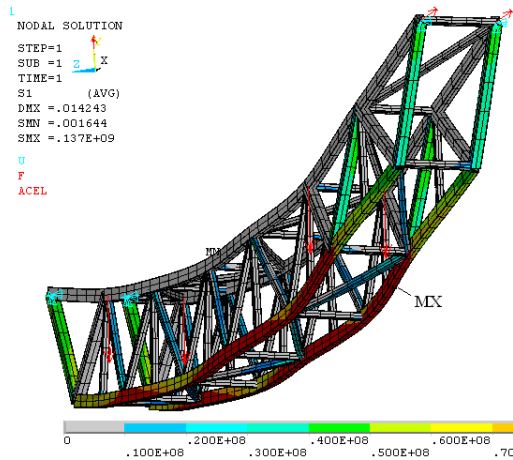


Рис. 2. Распределение напряжений в раме с поясами сечением $100 \times 60 \times 4$ мм

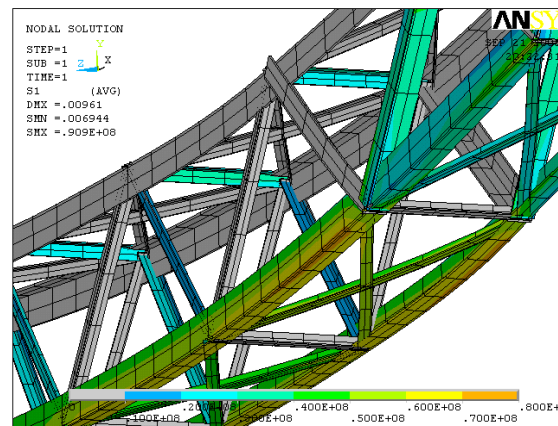


Рис.3. Напряжения в элементах сварной рамы из уголков

Рама, сконструированная из горизонтальных поясов сечением $120 \times 80 \times 5$ мм, при воздействии на нее заданных нагрузок испытывает максимальные растягивающие напряжения нижних слоев $\sigma_{\max} = 92,7$ МПа. При этом в других слоях напряжения не превышают 80 МПа. Анализ нагруженности раскосов показывает, что при использовании более массивных несущих поясов происходит перераспределение напряжений в них. Диапазон изменения напряжений в этом случае более широк и составляет $\sigma = 30\text{--}60$ МПа в различных раскосах и их слоях.

Дальнейшие исследования проводились для определения возможности применения несущих поясов, изготовленных из труб квадратного сечения. Так наибольшие напряжения в стержнях рамы с поясами сечением $90 \times 90 \times 5$ мм, возникающие в раме (нижний пояс) составляют 101 МПа.

Кроме прямоугольных профилей при проектировании рамы рассмотрен вариант использования уголков. Конечно-элементная модель такой рамы представлена на рис. 3. Рама сконструирована из четырех типов уголков: верхние и нижние пояса выполнены из уголка $125 \times 80 \times 10$.

При приложении к раме статической нагрузки, ее элементы испытывают растягивающие напряжения, и достигают максимального значения равного 94,4 МПа (локальные напряжения в сварном шве), а в элементах нижнего пояса достигают значения 78 МПа.

УДК 621.785.532

М.Н. Пищов, доцент, канд.техн.наук; А.С. Шакун, магистрант;
Э.П. Андрейковец, студ. (БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ УСЛАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Для повышения износостойкости деталей машин, а также их восстановления при ремонте широко применяют различные виды поверхностного упрочнения: цементацию, азотирование, цианирование и др. Однако в условиях максимальных нагрузок, возникающих при работе ряда лесных машин, например трелевочных тракторов, твердость зубчатых колес трансмиссии является недостаточной. В процессе упрочнения борированием при высокой температуре происходит диффузия бора в поверхностный слой зубьев на некоторую глубину h , мм. В результате зуб конической шестерни можно рассматривать состоящим из двух слоев: сердцевинного слоя из основного материала с модулем упругости E_c , МПа и температурным коэффициентом линейного расширения α_c , и поверхностного слоя толщиной h , мм, в пределах которого модуль упругости меняется от E_c на границе с сердцевинным слоем до E_n , МПа на поверхности зуба, и аналогично температурный коэффициент линейного расширения меняется от α_c до α_n , град⁻¹ [1].

Ввиду того, что температурные коэффициенты линейного расширения в сердцевине зуба и в поверхностном слое разные, то при остывании после комплексного борирования, начиная с некоторой температуры T_0 , град. в зубьях будут возникать температурные остаточные напряжения.

В качестве температуры T_0 для сталей, используемых в машиностроении, можно принять температуру 250–300°С, так как ниже этой температуры восстанавливаются стабильные физико-механические свойства. Выше температуры T_0 падает модуль упругости, предел текучести, наблюдается существенная релаксация напряжений. Поэтому существенные остаточные напряжения наблюдаются при изменении температуры от T_0 до температуры окружающей среды T_k , град. т.е. в интервале: $\Delta T = T_k - T_0$. Для определения температурных остаточных напряжений в зубьях конической шестерни расчет будем производить по параметрам, соответствующим сечению зуба посередине его длины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ворошнин, Л. Г. Борирование промышленных сталей и чугунов / Л. Г. Ворошнин – Минск, 1981.

УДК 621.785.532

М.Н. Пищов, доцент, канд.техн.наук; С.Е. Бельский, доцент, канд.техн.наук, зав. кафедрой; Э.П. Андрейковец, студ. (БГТУ, г. Минск)

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ТРАНСМИССИИ ЛЕСНЫХ МАШИН

В настоящее время на заготовке древесины предпочтение отдается колесным машинам, обладающим по сравнению с гусеничными лучшей управляемостью и маневренностью, более высокими скоростными показателями, эргономическими качествами и надежностью, меньшей металлоемкостью и затратами на обслуживание. Создаются лесные трелевочные машины преимущественно на базе тракторов общего назначения с применением навесных приспособлений для специфических условий работы. Работа колесных агрегатных машин на трелевке и вывозке древесины должна производиться комплексно с учетом преобладающих факторов, оказывающих наибольшее влияние и встречающихся чаще в различных условиях их эксплуатации. Основное внимание при работе колесной лесной технике уделяется эксплуатационной надежности, которая моментально не может быть определена машинально в связи с большим количеством факторов объективного и субъективного характера происхождения [1].

Наука и исследования по эксплуатационной надежности, как прикладная отрасль знаний базируется на фундаментальные, математические и естественные науки. Особое значение для таких научных исследований имеет вопрос о применении математического аппарата, позволяющего осуществлять оценку и прогнозирование эксплуатационной надежности специальных лесных машин. Достоверные методы прогнозирования долговечности основных узлов и деталей лесных машин необходимы для обоснования проекта на стадии проектирования транспортного средства с учетом специфики эксплуатационных условий, а также для решения таких конструкторско–технологических вопросов как: выбор оптимальной структуры энергетического агрегата; расчет потребности в запасных частях; периодичность плановых технических обслуживаний; обоснование требований по эксплуатационной надежности сопряженных деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков, А.В. Теория лесных машин. – Минск: БГТУ, 2001. – 630 с.

УДК 674.023

С. В. Киселев, преподаватель; А. Ф. Дулевич, канд. техн. наук, доцент
 А. В. Блохин, канд. техн. наук, ст. преподаватель
 (БГТУ, г. Минск).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В УЗКОЙ ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛЕ ДЛЯ РАСПИЛОВКИ БРЕВЕН ОТ ДЕЙСТВИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ

В процессе пиления на каждый зуб ленточной пилы со стороны древесины действует сила резания, которую можно разложить на взаимно перпендикулярные составляющие, действующие на зубья пилы: касательную составляющую силы резания $F_{Z_{зуб}}$ и нормальную составляющую $F_{Y_{зуб}}$.

Касательная составляющая силы резания $F_{Z_{зуб}}$ (рисунок 1), действующая на каждый зуб, находящийся в контакте с бревном, в сумме дает равнодействующую касательную составляющую силу резания F_Z :

$$F_Z = F_{Z_{зуб}} \frac{h}{t} \quad (1)$$

где h – высота пропила; t – шаг зубьев.

В произвольном сечении пилы на участке выхода пилы из бревна до набегания на приводной шкив от силы F_Z будут возникать: продольная сила $N = F_Z$ и изгибающий момент $M = \frac{\tau_z \cdot b}{2}$.

Напряжения от касательной составляющей силы резания F_Z в произвольном сечении:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M \cdot y}{J_z} \quad (2)$$

При $y = b/2$:

$$\sigma_{\pm} = \frac{N}{A} + \frac{M \cdot b}{2J_z} \quad (3)$$

Подставив значения N и M в уравнение 3 и учитывая, что площадь сечения $A = b \cdot s$, а момент инерции $J_z = \frac{\tau \cdot b^3}{12}$ получим:

$$\sigma_{\pm} = \frac{\tau_z}{bs} + \frac{F_Z \cdot b \cdot \frac{b}{2}}{2 \cdot \frac{sb^3}{12}} = \frac{\tau_z}{bs} + \frac{3F_Z}{bs} = \frac{4F_Z}{bs}, \quad (4)$$

где s – толщина полотна пилы.

При $x = -b/2$:

$$\sigma_{-} = \frac{F_z}{bs} - \frac{\gamma F_z}{bs} = - \frac{\gamma F_z}{bs} \quad (5)$$

Напряжения от касательной составляющей силы резания F_z в сечениях на участке пилы находящемся в распиливаемом бревне будут меняться от значений σ_2 и σ_{2*} до нуля.

В сечениях пилы до входа в распиливаемое бревно напряжения от касательной составляющей силы резания F_z равны нулю.

Напряжения от *нормальной составляющей силы резания* F_y . Ленточная пила удерживается на шкивах за счет сил трения. Нормальная составляющая силы резания F_y будет изгибать пилу в плоскости ZY . С достаточной точностью силы $F_{y_{зуб}}$ можно рассматривать как сплошную равномерно распределенную нагрузку интенсивностью q на участке l_1 :

$$q = \frac{F_{y_{зуб}} \cdot n}{l_1} \quad (6)$$

где n – количество зубьев, одновременно находящихся в контакте с древесиной.

В результате получим дважды статически неопределимую систему. Решая систему канонических уравнений и раскрывая статическую неопределимость с учетом значений касательной и нормальной составляющих сил резания, приходящихся на один зуб $F_{z_{зуб}}$ и $F_{y_{зуб}}$, высоту пропила h , можно определить значения напряжений, возникающих в полотне пилы от действия данных сил.

Для усредненных значений величин высоты пропила h равной 230 мм и скорости подачи V_s равной 7 м/мин, соответствующие режимам распиловки на ЗАО «Молодечномобель» было установлено: значение касательной силы резания – $F_{z_{зуб}} = 25,9$ Н, нормальной силы резания – $F_{y_{зуб}} = 6$ Н. Значения напряжений от действия *касательной* составляющей силы резания в различных сечениях полотна пилы изменялось от -20 до 39 МПа. Значения напряжений от действия *нормальной* составляющей силы резания в различных сечениях изменялось от ± 57 МПа до ± 84 МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов : учеб. для втузов / Н.М. Беляев. – 14-е изд., стер. – М. : Наука, 1965. – 855 с.
2. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов : учеб. для втузов / В.И. Феодосьев. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Физматгиз, 1963. – 539 с.

УДК 621.785.532

А.И. Сурус, доц., канд. техн. наук;
(БГТУ, г. Минск)

А.М. Лось, ассистент;
(БГТУ, г. Минск)

С.В. Ярмолик, ассистент
(БГТУ, г. Минск)

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ХТО

Эксплуатационные свойства и долговечность деталей подвижных сопряжений в значительной степени определяются состоянием их рабочих поверхностей, т.е. качеством поверхностного слоя.

Одним из основных способов повышения качества упрочненного поверхностного слоя и совершенствования процесса диффузионного насыщения является его интенсификация.

Любой процесс химико-термической обработки металлов и сплавов включает в себя три основных вида взаимодействия: в пространстве, окружающем изделие, на границе раздела среда – металл, в самом металле. Толщина образующегося упрочненного слоя, а также его состав, строение, физико-химические свойства главным образом зависят от состава насыщающей среды, материала, подвергаемого химико-термической обработке и температурно-временных факторов. С целью интенсификации процесса можно влиять на каждый из выше упомянутых видов в отдельности.

В работе проведен анализ возможных способов интенсификации технологических процессов поверхностного упрочнения деталей машин методами ХТО. С этой целью применяются различные катализаторы. Однако, применение всякого рода катализаторов имеет один общий недостаток: все они не влияют непосредственно на скорость диффузии насыщающего элемента в стали, кроме случаев, когда вещества наносят на поверхность изделия и благодаря протекающим реакциям температура поверхностного слоя металла повышается.

Большое значение для протекания поверхностных реакций при ХТО имеет рациональный подвод активной среды и своевременный отвод продуктов реакции. Между насыщаемым металлом и насыщающим компонентом образуются газообразные барьеры из продуктов реакции. Эти барьеры затрудняют доступ активных атомов в зону реакции. Имеются способы интенсификации, которые способствуют срыву этих барьеров. К ним относятся насыщение с использованием кипящего или "псевдооживленного" слоя, виброкипящего слоя и др.

Значительно интенсифицировать процесс можно воздействуя непосредственно на упрочняемое изделие, влияя на кристаллической структуре растворителя, наличие вакансий (точечных дефектов кристаллической структуры), а в общем случае на структурное состояние и фазовый состав поверхности, подвергающейся химико-термической обработке. Это можно достигнуть с помощью пластической либо циклической деформации, которые приводят преимущественно к появлению в поверхностной зоне насыщенного металла искажений кристаллической решетки и повышенной плотности дислокаций и вакансий.

Интенсификация процессов ХТО возможна также путем нанесения предварительных покрытий

Наибольший эффект можно достигнуть одновременно воздействуют на протекание различных элементарных стадий процесса упрочнения. В связи с этим нами проведен ряд исследований по применению высокочастотных механических колебаний с целью интенсификации процесса жидкостной карбонитрации.

В результате установлено, что применение механических колебаний влияет на химический состав и активность насыщающей среды, способствует интенсивному перемешиванию расплава солей, облегчает подвод новых порций активной среды к упрочняемой поверхности, удалению продуктов реакции и приводит в конечном итоге к повышению концентрации углерода в поверхностных слоях, а следовательно, и к увеличению глубины упрочненного слоя, создает возможность более эффективного упрочнения труднодоступных поверхностей [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Довгялло, И.Г. Теоретические предпосылки к использованию знакопеременных напряжений широкого диапазона частот в технологических процессах поверхностного упрочнения стальных деталей / И.Г. Довгялло и др. // Международная конф. «Колебания и волны в экологии, технологических процессах и диагностике: Тез. докл. – Минск, 1993. – С.27–28.

2. Пальчевский, Б.Н. Влияние ультразвука на интенсификацию химических реакций в расплаве азотсодержащих солей и повышение качества упрочненного слоя стали 38ХМЮА при жидкостном азотировании / Б.Н. Пальчевский и др. // VI-я Всесоюзн. конф. по УЗ-методам интенсификации техн. процессов: Тез. докл. – Москва, 1987. – С. 32–33.

УДК 621.785.532

Ф.Ф. Царук, доц. канд. техн. наук, (БГТУ, г. Минск); С.Е. Бельский, доц. канд. техн. наук, (БГТУ, г. Минск); А.Ч. Русецкий, магистр.
(ОАО «Нафтан», г. Новополоцк)

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ НА СЛУЖЕБНЫЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

Объектом исследований в данной работе являлись плоские балочные образцы толщиной 2,0 мм из вторичного алюминиевого сплава АК8МЗ с различным содержанием железа и разным состоянием поверхности. Нагружение образцов производилось на специально разработанной исследовательской установке, работавшей с резонансной частотой колебаний $f_{рез} = 18$ кГц [1].

Образцы колебались по второй собственной форме колебаний. Размеры и форма образцов были выбраны такими, что усталостное разрушение происходило в месте максимальных циклических напряжений, расположенных примерно посередине прямолинейного участка, что позволяло удобно исследовать изменение свойств материала и развитие усталостной трещины.

Кинетику повреждения образца оценивали по падению резонансной частоты колебаний с развитием усталостной трещины [2]. После достижения определенной величины падения частоты испытания прекращались.

Лазерное воздействие существенно влияет на поведение исходной литой структуры всех сплавов и приводит к значительным ее изменениям. Наряду с увеличением гомогенности структуры, лазерная обработка приводила к появлению в зоне термического влияния газовых полостей округлой формы, через которые и проходила усталостная трещина.

Использование высокочастотного нагружения позволяет проводить сравнительные испытания конструкционных материалов с существенным ускорением процесса исследований и с повышенной достоверностью результатов за счет большего количества испытанных объектов при приемлемом уровне трудозатрат и экономии энергоресурсов.

Экспериментально установлена оптимальная величина процентного содержания железа в исследуемом сплаве с точки зрения повышенного уровня его усталостных свойств, которую можно принять в пределах одного процента, с допустимой величиной отклонения не более половины процента Fe.

Установлено, что лазерная обработка существенно влияет как на внешний вид поверхности исследованных вариантов сплава, делая ее

более шероховатой, так и на структурные составляющие поверхностных слоев, приводя к оптически более гомогенной структуре, одновременно вызывая появление газовых включений существенной величины, по которым и проходит фронт усталостного повреждения.

Совокупность данных изменений неоднозначно влияет на поведение усталостных характеристик для всех исследованных вариантов сплава. С одной стороны, для фронта усталостной трещины слой лазерного воздействия из-за отсутствия значительных неоднородностей в объеме, способствующих увеличению концентрации слабых элементов структуры, представляет большее сопротивление ее развитию по сравнению с показателями исходной структуры. Но в то же время, с другой стороны, шероховатость поверхности и газовые включения под поверхностным слоем способствуют зарождению данных трещин и, таким образом, являются факторами, существенно снижающими общие характеристики усталости. Представляется возможным, что подбором параметров лазерного воздействия на данный класс сплавов можно получать однородные структуры, не имеющие дефектов в виде крупных газовых включений.

Таким образом, установлено, что использованные в данной работе параметры лазерной технологии упрочнения не могут быть рекомендованы для повышения уровня усталостных характеристик исследованного сплава. Для правильного выбора параметров лазерного упрочнения необходимо проведение дальнейших исследований в данном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Estimation of influence of frequency of flexural vibrations of structural sensitive characteristics of 20x13 steel / I. Dovgyallo [et al.] // The 4Th. International Symposium on Creep and Coupled Processes. – Bialostok, 1992. – P. 57 – 63.

2. Tsaruck, F. Method of the accelerated prediction of fatigue properties of metals at normal and heightened temperatures by results of high-frequency tests, Proceedings of III international symposium on tribofatigue ISTF 2000 / F. Tsaruck, A. Novitskiy – China; 2000. Hunan University Press,. – P. 193 – 195.

УДК 621.125.532

Ф.Ф. Царук, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск); А.В. Блохин, ст. препод. канд. техн. наук, (БГТУ, г. Минск); А.И. Сурус, доц. канд. техн. наук, (БГТУ, г. Минск); А.Ч. Русецкий, магистр. (ОАО «Нафтан», г. Новополоцк)

ИЗМЕНЕНИЕ УСТАЛОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

В работе приведены данные по влиянию высокочастотных механических колебаний, температуры и времени воздействия последней на усталостные характеристики моделей из алюминиевого сплава АМг2. Испытания отожженных и электрополированных образцов, вырезанных из металла одной поставки вдоль направления проката, проводились на частоте 18 кГц симметричного циклического изгиба, затем осуществлялось их вылеживание в диапазоне температур 293–493°К.

Для проведения усталостных испытаний применялась установка на базе магнитострикционного преобразователя, работавшая в автоколебательном резонансном режиме, что позволяло по падению собственной частоты колебаний отслеживать накопление усталостных повреждений в материале и по достижении заданной степени повреждения образца прекращать испытания.

В качестве усталостной характеристики, чувствительной к воздействию температуры и времени выдержки, нами были выбраны пороговые напряжения. Они достаточно просто определяются с помощью измерения микротвердости вдоль образца, колебавшегося на второй собственной форме. Микротвердость (нагрузка на индентор 5 Н, прибор ПМТ-3) определялась в выбранной зоне циклических напряжений.

Установлено, что характер изменения микротвердости при нормальной и повышенных температурах практически одинаков, что наблюдалось по подобию формы кривых изменения микротвердости. Необходимо отметить закономерный сдвиг в сторону увеличенных циклических напряжений точки перегиба данных кривых (пороговых напряжений) с увеличением температуры выдержки во всем исследованном диапазоне.

Из анализа экспериментальных данных также следует, что увеличение температуры выдержки приводит к отжигу дефектов структуры таким образом, что происходит закономерный сдвиг величины пороговых напряжений (напряжений, при которых фиксируется начало изменения микротвердости) в сторону их увеличения.

Можно предположить, что при повышении температуры происходит устранение термически активируемых препятствий (точечных дефек-

тов решетки, атомов твердого раствора) благодаря тому, что внутренние напряжения в структуре должны совершать меньшую работу по преодолению препятствий, [1]. Оценочные расчеты установили характер поведения данной характеристики подобный приведенному изменению пороговых напряжений при увеличении температуры, подтверждая тем самым термически чувствительную природу пороговых напряжений.

Учитывая то, что характер изменения пороговых напряжений как при низкой, так и высоких частотах остается практически неизменным при нормальных температурах, закономерно увеличиваясь с ростом частоты циклических напряжений [2], можно предположить, что установленная зависимость будет сохраняться и для низких частотах испытаний, регламентированных ГОСТом.

Данное обстоятельство позволяет проводить ускоренные исследования по увеличению циклической прочности материалов с использованием высокой частоты нагружения и выдержки при повышенных температурах циклически деформированных деталей для отжига повреждений, полученных при знакопеременном нагружении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Судзуки Т., Ёсинага Х., Такеути С. Динамика дислокаций и пластичность: Пер. с япон.-М.: Мир, 1989.-296 с., ил.
2. Довгялло И. Г., Царук Ф. Ф., Юргилевич А. Н. Методика прогнозирования низкочастотной усталости конструкционных материалов по результатам высокочастотных изгибных испытаний. Современные проблемы машиноведения.: Матер. Междунар. научно-техн. конфер. (научн. чтен. посв. П. О. Сухому). (1-3 июля 1998 г., г. Гомель) / Под ред. А. С. Шагиняна. – Гомель: ГПИ, 1998.-Т. I.-С. 164-166.

УДК 630*36.001.6

А.В. Омелюсик, науч. сотр., Д.В. Куис, доц., к-т техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Транспорт древесины является составной частью лесозаготовительного процесса, и его доля в себестоимости лесопродукции достигает до 35 – 40%, а трудоемкость в цикле лесозаготовительного производства составляет 25 – 30%. Учитывая, что энергоносители и автомобили постоянно дорожают, повышение эффективности работы лесовозного транспорта приобретает все большее значение [1]. Повысить производительность можно путем снижения времени на загрузку и выгрузку лесовозного транспорта.

Транспортировку древесины осуществляют погрузочно-транспортные машины и автопоезда-сортиментовозы. Недостатком конструкции их технологического модуля является отсутствие возможности регулирования высоты коников. Это приводит к необходимости постоянно их огибать загружаемой древесиной, что в свою очередь ведет к увеличению времени операции загрузки и разгрузки и снижению общей производительности.

В связи с данной проблемой предлагается усовершенствованная конструкция технологического модуля лесотранспортных машин.

Технологический модуль состоит из следующих основных элементов: несущая рама, грузовая платформа, стабилизирующие опоры, неподвижные элементы коников, подвижные элементы коников, коническая пружина. Коническая пружина находится в водонепроницаемом чехле, свободное пространство которых заполнено рабочей жидкостью.

Предлагаемая конструкция технологического модуля лесотранспортных машин обеспечивает сокращение временных затрат на загрузку и выгрузку древесины. С помощью графического метода установлено, что средняя длина траектории движения загружаемой древесины сокращается на 21,3%. Это способствует увеличению общей производительности лесотранспортных машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвейко А. П., Клоков Д. В., Протас П. А. Практикум по технологии и оборудованию лесозаготовительного производства / Мн.: БГТУ, 2005. – 160 с.

УДК 621.03

Сокров И.О., доц., канд. техн. наук,
аспирант Эхсан Газбан Задех, аспирант Буткевич С.Б.
(БНТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Введение. В настоящее время существует целый ряд разнообразных способов повышения долговечности деталей машин. Наряду с традиционными методами поверхностного упрочнения, такими как термическая, химико-термическая наплавка, напыление все более широкое распространение находят технологии с использованием концентрированных источников энергии, таких как лазерный луч.

Методы лазерного легирования, предполагающие изменение химического состава поверхностного слоя за счет «вплавления» в обрабатываемую поверхность легирующих компонентов. В этом случае гибкость технологического процесса обеспечивается как варьированием химического состава поверхностного слоя, так и изменением режимов лазерной обработки.

Поэтому разработка технологий с применением лазерных источников энергии, направленных на создание поверхностного слоя с высокими эксплуатационными свойствами является важной прикладной народнохозяйственной проблемой. Однако технологический процесс лазерной обработки занимает в промышленности малое место. Это объясняется, во-первых, экономическими трудностями предприятия, на которых целесообразно их внедрение. Во-вторых, широкое внедрение технологических процессов лазерной обработки сдерживается их недостаточной изученностью как в плане получения технологии получения таких покрытий, так и в вопросах их эксплуатационных свойств для различных условий работы.

Методика исследования. Для лазерной обработки (табл.) были изготовлены образцы с покрытиями.

Таблица – Режимы лазерной закалки

№ образца	V , мм/мин	Плотность мощности, кВт/мм ²	Коэффициент перекрытия	Диаметр пятна, мм
1	50	1,57	0,35	2,5
2	100			

Испытания микротвердости производились при помощи микротвердомера ПМТ-3, методом восстановленного отпечатка, по стандартной методике при величине статической нагрузки $P = 0,981 \text{ Н}$ (100 г).

Измерения микротвердости проводились на поверхности дорожек лазерной обработки в продольном и поперечном направлениях. Одновременно на этих же дорожках были выполнены исследования микроструктуры. Проанализирован характер изменения структурных составляющих поверхности в продольном и поперечном направлениях дорожек термоупрочнения. Было установлено, что распределение микротвердости поперек дорожек повторяет профиль теплофизических условий нагрева и распределения температурных полей и плотности мощности излучения в пятне нагрева. Полученная форма кривых приближенно повторяет форму распределения температур, близкую к Гауссовскому. Для такого распределения характерно формирование максимальных значений микротвердости в центре зоны с уменьшением твердости к краям кривой распределения температурных полей.

Значительный практический интерес представляет анализ физико-механических свойств и микроструктуры поверхности на нижней границе зоны оплавления, граничащей с зоной термического влияния. Эти данные необходимы для оценки износостойких свойств металла для случая изнашивания поверхности, когда износ упрочненной поверхности приближается к ее критическому предельному состоянию и когда за этим наступает ускоренный износ металла на участках с пониженными значениями прочностных и износостойких свойств.

Результаты. Анализ микроструктуры металла на различных участках зон термоупрочнения показывает, что в центральных участках дорожки, а также ближе к ее краям, структура поверхности достаточно однородна, а вот пределами дорожки микроструктура существенно изменяется.

Результаты измерения микротвердости по глубине представлены на рисунке, из которого видно, что при обработке поверхности лазером при скорости $V = 50 \text{ мм/мин}$ наблюдается максимальный скачок микротвердости 7200 МПа и резкий спад твердости с увеличением глубины проплавления. Возможно, это связано с отпуском соседней закаленной зоны.

Заключение. Анализ микроструктуры металла на различных участках зон термоупрочнения показывает, что в центральных участках дорожки, а также ближе к ее краям, структура поверхности доста-

точно однородна, а вот пределами дорожки микроструктура существенно изменяется.

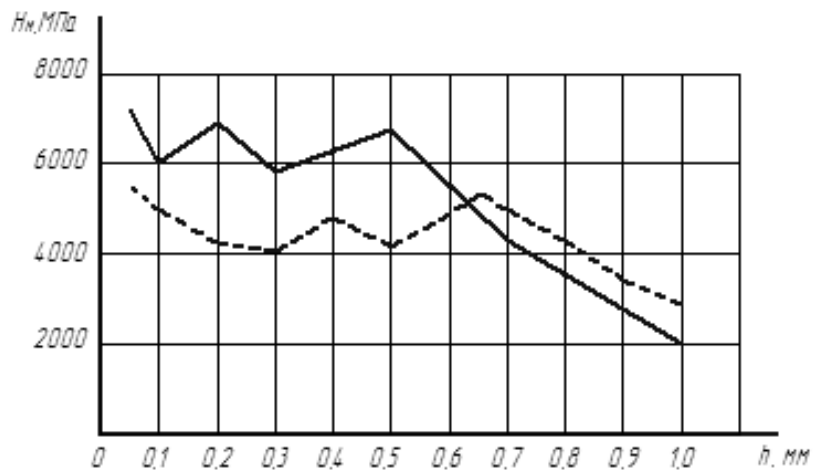


Рисунок – Распределение микротвердости по глубине закаленной поверхности

Установлено, что при обработке поверхности лазером при скорости $V=50$ мм/мин наблюдается максимальный скачок микротвердости 7200 МПа и резкий спад твердости с увеличением глубины проплавления.

УДК 621.03

Сокров И.О., доц., канд. техн. наук,
аспирант Эхсан Газбан Задех, аспирант Буткевич С.Б.
(БНТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Наиболее близкими материалами, отвечающими в большей мере антифрикционным требованиям, являются пористые материалы из сплавов на медной основе. Благодаря пористости, подшипниковый материал поглощает смазку, которая при трении автоматически выступает из пор на поверхность. Это свойство «самосмазываемости» способствует вначале образованию у выхода пор микроклиньев с последующим образованием толстых граничных слоев. При работе узла трения с пористым антифрикционным материалом и систематической подаче масла в зазор при определенной относительной скорости скольжения и в зависимости от давления в месте контакта возможно возникновение гидродинамического давления.

Напыление антифрикционных материалов на основе меди обеспечивает повышение работоспособности пары трения за счет улучшения антифрикционных характеристик. При плазменном напылении покрытия существенное значение имеет расход наносимого материала. Он определяет как производительность процесса напыления, так и свойства нанесенного покрытия. При нанесении алюминиевой бронзы наблюдалось практически линейное снижение прочности сцепления покрытия с основой и повышение пористости с увеличением расхода порошка из-за снижения удельных затрат на нагрев частиц порошка.

Однако такой характер изменения свойств может быть использован только для общего анализа. В действительности, картина взаимодействия плазменной струи, нагретых и ускоренных в ней частиц порошка и поверхности напыляемой детали более сложная и неоднозначная. Детальные исследования влияния расхода порошка на свойства покрытий, как показано на рис. 1, позволили установить возрастание прочности сцепления при повышении расхода порошка до определенного значения (7 – 8 кг/ч). При дальнейшем повышении расхода, общая тенденция к снижению прочности сцепления покрытия с основой сохраняется. Характерной особенностью является замедление возрастания пористости с увеличением расхода порошка на том же участке, где наблюдается максимум прочности сцепления, и резкое увеличение пористости и снижение прочности сцепления при относительно незначительном повышении расхода порошка.

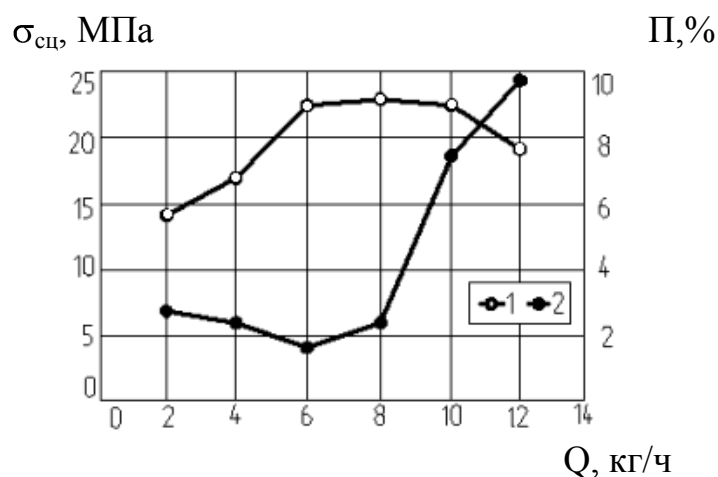


Рис.1 – Зависимость прочности сцепления на отрыв порошка БрА7Н6Ф от основы (1) и пористости (2) от величины расхода порошка

Процесс локального повышения прочности сцепления может быть объяснен следующим образом. С увеличением расхода порошка, при неизменной тепловой мощности плазменной струи, температура напыляемых частиц снижается, а их концентрация в потоке увеличивается. При нанесении покрытия частицы могут попадать на свободные участки поверхности, нагретые уже напыленными частицами. Это наиболее вероятно при повышении концентрации частиц в потоке. Начиная с некоторого значения (6 – 7 кг/ч) расхода порошка, фактор увеличения концентрации оказывает большое влияние на прочность сцепления покрытия, чем фактор снижения температуры напыляемых частиц. В силу этого наблюдается локальное повышение температуры поверхности основы при образовании первого слоя покрытия, что приводит к увеличению прочности сцепления. Однако дальнейшее увеличение концентрации частиц в потоке приводит к снижению температуры частиц и, собственно, к уменьшению прочности сцепления.

В результате многочисленных опытов было установлено, что оптимальный расход порошка БрА7Н6Ф может достигать до 7,0 кг/ч при коэффициенте использования материала 83 – 86 %.

Известно, что дистанция напыления является фактором, сильно влияющим на качество покрытия. В связи с этим была проведена серия экспериментов для определения оптимальной дистанции напыления. При проведении экспериментов установлена зависимость прочности сцепления от дистанции напыления (рис.2), из которой видно, что с увеличением дистанции напыления прочность сцепления покрытия с основой сначала возрастает (до 100 – 110 мм), а затем начинает

уменьшаться. При увеличении дистанции напыления, тепловое воздействие плазменной струи и частиц порошка на поверхность образцов уменьшается, частицы охлаждаются, это приводит к снижению прочности соединения покрытия с основой. Характер зависимостей объясняется длительностью процесса разогрева порошка до максимальной температуры. Анализ характера отслаивания покрытий от основы в процессе испытаний на отрыв показывает, что разрушение соединения покрытия алюминиевой бронзы происходит частично по покрытию и границе раздела с основой. Минимальные значения пористости (5 – 6%) соответствуют дистанциям напыления, на которых достигается максимальная прочность сцепления покрытия с основой (24 – 26 МПа), рис. 2.

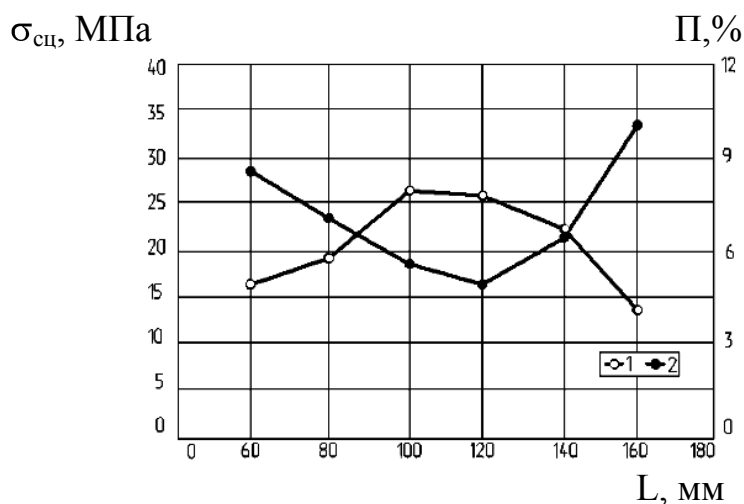


Рис.2 – Зависимость прочности сцепления покрытия порошка БрА7Н6Ф с основой от дистанции напыления (1), пористости покрытия от дистанции напыления (2)

Нанесение антифрикционных газотермических покрытий на поверхности пар скольжения позволяет не только экономить цветные металлы (бронзу, баббиты), уменьшив их расход в 5 – 10 раз, но и повысить несущую способность подшипников. Износ напыленного слоя оловянистой бронзы в 4 – 5 раза ниже, чем литой. Таким образом, можно рекомендовать для узлов трения, работающих при давлениях до 50 МПа и скоростях скольжения до 12 м/с, использовать покрытия из оловянистых и алюминиевых бронз. Для узлов трения, работающих при более высоких нагрузках и скоростях скольжения, можно рекомендовать покрытия из баббитов.

УДК 621.03

Сокров И.О., доц., канд. техн. наук,
аспирант Эхсан Газбан Задех, аспирант Буткевич С.Б.
(БНТУ, г. Минск)

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ФРЕТТИНГ-КОРРОЗИИ

Фреттинг-коррозия – коррозионное разрушение на границе раздела двух тел, контактирующих друг с другом. Эти поверхности, находясь под воздействием коррозионной среды, двигаются (скользят) относительно друг друга. Т.е. фреттинг-коррозия – коррозия при трении. Чаще всего скольжение имеет колебательный характер, а объекты испытывают дополнительную достаточно большую нагрузку.

При протекании фреттинг-коррозии поверхность металла обезцвечивается, а при воздействии колебательных напряжений на ней образуются язвы, в которых в дальнейшем зарождаются усталостные трещины. Скорость фреттинг-коррозии зависит от природы используемых металлов (материалов), температуры, состава коррозионной среды и действующих нагрузок. Фреттинг-коррозия протекает не по электрохимическому механизму. Важнейшим фактором является приложенная нагрузка, в результате которой происходит усиленное питтингообразование на контактирующих поверхностях. При колебательном скольжении (трении) образовавшиеся окислы не могут быть удалены с контактирующей поверхности. Это приводит к увеличению напряжения между контактирующими деталями и фреттинг-коррозия в местах скопления окислов проходит намного интенсивнее.

Защита изделий от фреттинг-коррозии. Правильный подбор материалов. Целесообразно для предотвращения возникновения фреттинг-коррозии сочетать мягкие металлы с твердыми. Доказано, что при скольжении стальной поверхности о стальную разрушение намного больше, чем скольжении стали о сталь, покрытую свинцом. Даже при больших нагрузках мягкий металл предотвращает контакт с окружающей средой. Разрушение также уменьшается из-за того, что более мягкий металл может при срезе «течь», а не тереться. Проектирование контактирующих поверхностей с устранением скольжения. Эффективно, но достигнуть достаточно тяжело. Применение специальных покрытий. Для предотвращения контакта поверхности раздела с воздухом. Применение материалов с низким коэффициентом трения и прокладок. Такие материалы используют только при маленьких нагрузках в связи с их небольшой прочностью. Резина, например, амор-

тизирует колебания и предотвращает скольжение. Применение кобальтовых сплавов. Дает положительный эффект только в присутствии воды.

Одним из перспективных способов защиты деталей от фреттинг-коррозии является упочнение поверхностных слоев лазерной обработкой.

Лазерное легирование углеродом, азотом, кремнием и бором заключается в нанесении на поверхность обмазок или паст и последующем оплавлении поверхности импульсным или непрерывным лазерным излучением. Реже производят лазерное легирование в газовой или жидкой фазе [1]. Средняя глубина образующихся легированных слоев составляет 0,3 — 0,4 мм при импульсной обработке и 0,3 — 1,0 мм при обработке непрерывным излучением.

Цементация. Лазерную цементацию осуществляют на основе растворов графита или сажи в ацетоне, спирте и других растворителях. Используют также растворы в различных лаках. В состав обмазок добавляет различные активизирующие добавки (бура, хлористый аммоний и др.).

Для насыщения углеродом из газовой фазы над обрабатываемой поверхностью необходимо создавать высокое давление (10 МПа) для усиления диссоциации углеродсодержащих газов.

Лазерная цементация из жидкой фазы, иначе называемая гидролучевой обработкой [2], осуществляется в углеродсодержащих растворах. Обрабатываемую деталь помещают в жидкость, содержащую углерод (гексан, толуол, четыреххлористый углерод, минеральное масло и др.). В зависимости от количества введенного углерода фазовый состав легированного участка поверхности и его микротвердость могут быть различными. Если в зону оплавления низко- или среднеуглеродистой стали вводится небольшое количество углерода, то структура состоит из мартенсита и остаточного аустенита. Микротвердость в этом случае достигает достаточно высоких значений (9000 МПа) вследствие высокой насыщенности мартенсита. При введении большого количества углерода в зону оплавления количество аустенита может заметно увеличиваться и микротвердость будет колебаться в широких пределах (4500 - 9000 МПа). Дальнейшее повышение содержания *углерода приводит к* появлению в структуре кроме мартенсита и аустенита карбидов. Подобный эффект наблюдается и при лазерной цементации высокоуглеродистых сталей. Микротвердость с увеличением количества карбидной фазы повышается от 9000 до 14000 МПа.

Азотирование. Лазерное азотирование выполняют с использованием паст на основе аммиачной соли, карбамида и др. Для азоти-

рования сталей из газовой фазы над обрабатываемой поверхностью необходимо создать давление азота порядка 9 МПа, что затрудняет практическое применение этого процесса.

Легко осуществляется газовое азотирование титана, циркония, гафния и сплавов на их основе. Для этого достаточно провести лазерное оплавление в струе азота. При азотировании титановых сплавов в зоне оплавления формируется альфированный слой, содержащий нитриды титана с высокой микротвердостью (17000 – 20000 МПа).

Анализ структуры зоны азотирования сталей указывает на наличие азотного мартенсита, остаточного аустенита и нитридов железа. Следует отметить, что азотистый мартенсит сохраняется при нагреве до высоких температур, что позволяет рекомендовать лазерное азотирование для повышения теплостойкости. Основное же назначение лазерного азотирования — увеличивать твердость и износостойкость.

Силицирование. Лазерное силицирование осуществляется из твердой фазы с нанесением обмазок, содержащих порошок кремния, или из жидкой фазы типа суспензии силикагеля и др. При силицировании сталей с концентрацией кремния до 0,1 % в структуре образуется фаза α -Fe, очевидно мартенсит. При последующем увеличении концентрации кремния в структуре зоны легирования кроме фазы α -Fe также образуются силициды Fe₈Si, Fe₅Si₈, FeSi и FeSi₂. Микротвердость в этой зоне возрастает от 8000 до 15000 МПа.

Кроме повышения износостойкости лазерное силицирование приводит к увеличению теплостойкости и коррозионной стойкости сталей.

Борирование. Лазерное борирование проводят, в основном, с использованием легирующих составляющих в твердой фазе в виде смеси порошков бора, карбида бора, борного ангидрида, буры, ферробора со связующим веществом. Также используются водные суспензии этих порошков. Борирование может выполняться оплавлением поверхностных слоев, напыленных плазмой, а также оплавлением диффузионных покрытий. Если легирование осуществляется при небольшом содержании бора, то структура борированной зоны представляет собой фазу α -Fe и боридную эвтектику с микротвердостью 6000 — 12000 МПа. При увеличении концентрации бора в структуре появляется большое количество боридов, таких как Fe₂B, Fe₃B, FeB, обеспечивающих повышение микротвердости до 21000 МПа.

Наиболее часто легирование осуществляется оплавлением с помощью импульсного или непрерывного излучения компонентов, предварительно нанесенных на поверхность. Более производителен процесс лазерного легирования с подачей присадочного материала, в ос-

новном порошка, в зону обработки. Этот процесс ведут с использованием непрерывного излучения, обеспечивающего синхронизацию подачи присадки и воздействия излучения. В результате лазерного легирования в структуре зоны обработки образуются пересыщенные твердые растворы, а в некоторых случаях и интерметаллиды. Если легирование железоуглеродистых сплавов осуществляется тугоплавкими и карбидообразующими компонентами, то это приводит к повышению микротвердости.

Лазерное легирование чугуна и стали хромом приводит к увеличению коррозионной стойкости при одновременном повышении ударной вязкости и износостойкости. Легирование хромом и углеродом низкоуглеродистой никель-молибденовой стали позволяет получать слой глубиной 1,25 мм и твердостью 55 HRC. Одновременно с увеличением износостойкости происходит и значительное повышение теплостойкости.

Большую перспективу представляет лазерное легирование цветных металлов и сплавов, в особенности алюминиевых и титановых. Для легирования алюминиевых сплавов обычно применяют *такие компоненты, как Fe, Ni, Ti, феррованадий* и сплавы системы Ni-Cr-V-Si, Co-Cu и др. Легированная зона имеет структуру твердого раствора легирующего элемента в алюминии с соответствующими интерметаллидными фазами $FeAl_3$, VAl_3 , $TiAl_3$, $CoAl$, $NiAl_3$ и др.

В результате лазерного легирования интерметаллиды имеют форму, близкую к глобулярной, что обеспечивает высокие эксплуатационные свойства обработанной поверхности. Микротвердость зон легирования алюминиевых сплавов повышается до 3000 МПа, а в скоплениях интерметаллидов достигает 8000 — 10000 МПа.

Лазерное легирование титановых сплавов хромом, являющимся для них β -стабилизатором, обеспечивает получение структуры в виде β -фазы. Микротвердость титанового сплава OT4 в результате такого легирования увеличивается от 2800 до 6400 МПа, что приводит к улучшению износостойкости,

ЛИТЕРАТУРА

1. Скаков В. П. Легирование поверхностных слоев при использовании лазерной обработки / В. П. Скаков, Н. В. Еднерал; Изв. АН СССР. Серия физ. Т. 47. №8. 1983. — 1699.
2. Спивак, А. В. Взаимодействие непрерывного излучения CO_2 -лазеров с жидкостями / А. В. Спивак; Докл. АН СССР. 290. №5. — 1111.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Германович А.О., Лой В.Н.</i> Динамика мобильной рубильной машины в процессе измельчения древесного сырья	3
<i>Симанович В.А., Арико С.Е., Смян А.И.</i> Особенности технического обслуживания лесных агрегатных машин производства Республики Беларусь.....	4
<i>Лыщик П.А., Игнатенко В.В., Бавбель Е.И., Науменко А.И.</i> Разработка математической модели структурообразования грунтобетона.....	6
<i>Лыщик П.А., Науменко А.И.</i> Совершенствование конструкций дорожных одежд лесных автомобильных дорог	7
<i>Лыщик П.А., Бавбель Е.И., Науменко А.И.</i> Методика оптимизации дорожных конструкций лесных автомобильных дорог	8
<i>Мохов С.П., Пищов С.Н., Кононович Д.А., Жданович В.А.</i> Особенности конструкции отечественных форвардеров	9
<i>Мохов С.П., Арико С.Е., Асмоловский М.К., Кононович Д.А.</i> Экспериментальные исследования работы форвардера 4К4 повышенной грузоподъемности	11
<i>Арико С.Е., Мохов С.П., Смян А.И., Миронюк Н.А.</i> Выбор параметров базового шасси валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины.....	13
<i>Драчиловский А.И.</i> Теория взаимодействия насыпей лесных автомобильных дорог с торфяными основаниями.....	15
<i>Шошин А.О.</i> Регрессионный анализ тягово-мощностных параметров мобильных канатных трелевочных установок.....	16
<i>Федоренчик А.С., Протас П.А., Шошин А.О.</i> Канатная установка для полуподвесной трелевки древесного сырья	18
<i>Насковец М.Т., Жарков Н.И., Корин Г.С.</i> Использование геотекстильных материалов при ремонте лесных дорог ГОЛХУ «Мозырский опытный лесхоз».....	20
<i>Протас П.А., Федоренчик А.С., Ледницкий А.В.</i> Рекомендации по выбору систем машин для разработки ветровально-буреломных лесосек ...	22
<i>Протас П.А., Мисуно Ю.И.</i> Разработка труднодоступного лесосечного фонда в Республике Беларусь с учетом принципов лесной сертификации	24
<i>Голякевич С.А., Гороновский А.Р., Пищов С.Н.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния и модернизация несущей конструкции форвардера Амкодор-2662	25
<i>Хотянович А.И., Ермалицкий А.А.</i> Инфраструктура современных лесозаготовок в Республике Беларусь	27
<i>Бавбель И.И., Чаевский В.В., Углов В.В., Кулешов А.К.</i> Влияние комбинированной гальванической и КИБ обработки на износ лезвия стальных ножей дереворежущего инструмента	29
<i>Аникеенко А.Ф., Гришкевич А.А., Гаранин Н.В.</i> Особенности конструкции сборных винтовых сверл для сквозного сверления плитных	

материалов.....	30
<i>Гриневич С.А., Раповец В.В., Алифировец Г.В.</i> Исследование влияния затупления двухлезвийных ножей фрезерно-брусующих станков на касательную силу резания	32
<i>Гриневич С.А., Раповец В.В., Алифировец Г.В.</i> Особенности износа двухлезвийного режущего инструмента при обработке древесины на фрезерно-брусующих станках.....	34
<i>Гришкевич А.А., Кукреш А.С.</i> Технологические основы эксплуатации фрезерного инструмента с изменяемым углом наклона кромки	36
<i>Гаранин В.Н., Гришкевич А.А., Аникеенко А.Ф.</i> Результаты лабораторных испытаний рефлекторного фрезерного инструмента при обработке ламинированных ДСтП.....	38
<i>Фридрих А.П., Костюк О.И.</i> Результаты исследований влияния режимов шлифования древесины на качество обработанной поверхности ..	40
<i>Фридрих А.П., Костюк О.И.</i> Способ удаления продуктов резания с поверхности шлифовальной ленты во время ее работы	42
<i>Кравченко А.С., Бузюма А.А.</i> Повышение производительности обработки древесины и древесных материалов при заданном качестве поверхности на основе адаптивного управления режимами резания.....	44
<i>Кравченко А.С., Бузюма А.А.</i> Контроль состояния режущего инструмента во время обработки древесины и древесных материалов	46
<i>Гриневич С.А., Лукаш В.Т.</i> Определение полного периода стойкости твердосплавных дисковых пил при пилении ламинированных древесно-стружечных плит	47
<i>Веретиков И.И.</i> Влияние эксплуатационных факторов на прочность клеевых соединений	49
<i>Леонович О.К.</i> Модифицирование древесины фенольными смолами при низких температурах	51
<i>Леонович О.К.</i> Антисептирование древесины экологически безопасными защитными средствами	52
<i>Леонович О.К.</i> Особенности метрологического контроля влажности щепы и ее влияние на теплоэффективность при сжигании	53
<i>Мазаник Н.В., Бабич Д.П.</i> Анализ качества сушки пиломатериалов в сушильных камерах импортного производства	55
<i>Мазаник Н.В., Рудак О.Г.</i> Стойкость термодревесины по отношению к агентам биологического повреждения	57
<i>Божелко И.К.</i> Корректировка рецептуры защитных средств в процессе пропитки древесины	58
<i>Трутько В.В., Божелко И.К., Снопков В.Б.</i> Идентификация факторов среды, влияющих на разрушение древесины	59
<i>Федосенко И.Г.</i> Анализ способов определения глубины проникновения защитных составов в древесину	61
<i>Насиров М.С.</i> Средневековая история Азербайджана и использование	

древесины в памятниках	63
<i>Наливко Е.В., Шетько С.В.</i> Методы расчета слоистых панелей с бумажным сотовым наполнителем	64
<i>Утгоф С.С., Игнатович Л.В.</i> Анализ основных технологических параметров термомеханического модифицирования	65
<i>Барташевич А.А., Костюкевич Ю.Ю.</i> Особенности применения альпи-шпона в производстве мебели и межкомнатных дверей	66
<i>Куис Д.В., Свидуневич Н.А., Волочко А.Т., Шегидевич А.А., Лежнев С.Н., Омелюсик А.В.</i> Использование квазикристаллических частиц при получении алюминиевых композитов.....	67
<i>Куис Д.В., Свидуневич Н.А., Окатова Г.П., Урбанович В.С., Ойченко В.М., Раковец А.С.</i> Особенности влияния железа на структурообразование композитов на основе нанougлерода.....	68
<i>Латушкина С.Д., Куис Д.В., Карпович С.И., Пискунова О.Ю., Гладкий О.И., Терещук В.Ю.</i> Многослойные вакуумно-плазменные покрытия на основе TiN.....	69
<i>Карпович С.И., Латушкина С.Д., Карпович С.С., Пискунова О.Ю.</i> Конструкции энергосберегающих дереворежущих фрез с упрочняющими покрытиями.....	71
<i>Карпович С.С., Карпович Н.В., Карпович Н.В.</i> Принцип проектирования энергосберегающего дереворежущего инструмента.....	72
<i>Рудак П.В., Бир П., Борисюк П., Рудак О.Г., Зборин Е.А.</i> Повышение эффективности аспирации при фрезеровании древесных материалов с учетом особенностей формирования потоков стружки, покидающих инструмент.....	74
<i>Рудак П.В., Латушкина С.Д., Пискунова О.Ю., Омелюсик А.В.</i> Результаты исследований структурообразования и основных характеристик коррозионной стойкости наноструктурированных вакуумно-плазменных покрытий.....	76
<i>Рудак П.В., Рудак О.Г., Разумов Е.Ю., Балтрушайтис А., Кятуракис Г.</i> Принципы создания наноструктурированных гидрофобных покрытий..	77
<i>Бельский С.Е., Левитан В.Б.</i> Исследование причин разрушения технологической оснастки сферодвижной штамповки зубчатых колес.....	78
<i>Осоко С.А., Дулевич А.Ф.</i> Влияние диаметров опорных роликов на мощность привода ленточного конвейера.....	80
<i>Лось А.М., Блохин А.В., Ярмолик С.В.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния несущей рамы, выполненной из различных профилей металлопроката.....	81
<i>Пищов М.Н., Шакун А.С., Андрейковец Э.П.</i> Исследование напряженного состояния образцов для усталостных испытаний.....	83
<i>Пищов М.Н., Бельский С.Е., Андрейковец Э.П.</i> Анализ условий эксплуатации и причин разрушения зубчатых передач трансмиссии лесных машин.....	84

<i>Киселев С.В., Дулевич А.Ф., Блохин А.В.</i> Определение напряжений в узкой ленточной пиле для распиловки бревен от действия сил резания..	85
<i>Сурус А.И., Лось А.М., Ярмолик С.В.</i> Способы интенсификации технологических процессов упрочнения деталей ХТО.....	87
<i>Царук Ф.Ф., Бельский С.Е., Русецкий А.Ч.</i> Влияние лазерного поверхностного упрочнения на служебные свойства алюминиевого сплава...	89
<i>Царук Ф.Ф., Блохин А.В., Сурус А.И., Русецкий А.Ч.</i> Изменение усталостных характеристик алюминиевого сплава при повышенных температурах.....	91
<i>Омелюсик А.В., Куис Д.В.</i> Усовершенствованный технологический модуль лесотранспортных машин.....	93
<i>Сокров И.О., Эхсан Газбан Задех, Буткевич С.Б.</i> Исследование физико-механических свойств газотермических покрытий, модифицированных лазерной обработкой.....	94
<i>Сокров И.О., Эхсан Газбан Задех, Буткевич С.Б.</i> Особенности формирования антифрикционных газотермических покрытий.....	97
<i>Сокров И.О., Эхсан Газбан Задех, Буткевич С.Б.</i> Применение лазерной обработки для упрочнения поверхностей деталей, работающих в условиях фреттинг-коррозии.....	100