

Научная статья
УДК 630

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Дмитрий Алексеевич Торочков

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
torochkov501@gmail.com

Аннотация. Обзор систематизирует факторы и методы, влияющие на качество поверхности древесины при шлифовании. Рассматривается влияние структуры материала, геометрии абразивного инструмента и режимов обработки на шероховатость. Особое внимание уделено выбору зернистости и режимов для минимизации энергозатрат.

Ключевые слова: шероховатость поверхности, шлифование, шлифовальная шкурка, зернистость, режимы обработки, абразивный инструмент

Для цитирования: Торочков Д. А. К вопросу повышения качества изделий из древесины при абразивной обработке // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 523–527.

Original article

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE QUALITY OF WOOD PRODUCTS DURING ABRASIVE PROCESSING

Dmitry A. Torochkov

Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov,
Saint Petersburg, Russia
torochkov501@gmail.com

Abstract. The review systematizes the factors and methods influencing the quality of wood surface during abrasive machining. The influence of the material structure, abrasive tool geometry, and processing regimes on surface roughness is considered. Particular attention is paid to the selection of grain size and processing parameters to minimize energy costs.

Keywords: surface roughness, grinding, abrasive paper, grit size, process parameters, abrasive tool

For citation: Torochkov D. A. (2026) K voprosu povы`sheniya kachestva izdelij iz drevesiny` pri abrazivnoj obrabotke [On the issue of improving the quality of wood products during abrasive processing]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 523–527. (In Russ).

Современная технология механической обработки древесины требует комплексного понимания физико-механических процессов, происходящих в зоне контакта абразивного инструмента и обрабатываемого материала. Важнейшим критерием качества изделий является микрогеометрическая структура поверхности, оцениваемая показателями шероховатости, которая влияет как на эстетические свойства изделий, так и на их эксплуатационные характеристики и расход отделочных материалов при последующей отделке. В результате анализа накопленных исследований видно, что на формирование шероховатости существенное влияние оказывают три группы факторов: структурные параметры древесины (направление волокон, плотность, влажность, микроструктурные неоднородности годичных слоев), инструментальные характеристики (геометрия и радиус притупления режущих кромок, форма и материал абразивных зерен, способ и плотность нанесения зерна на основу) и режимные параметры обработки (толщина снимаемого слоя, скорость резания, скорость подачи, давление прижима). Данные выводы подтверждаются экспериментами, проведенными в лабораторных условиях, в которых варьировали толщину стружки, радиус кривизны лезвия, углы резания и встреч с волокнами, а также прочие параметры, позволяя выделить оптимальные диапазоны параметров для минимизации шероховатости [1].

Особое значение имеет угол встречи режущей кромки с волокнами: для продольного взаимодействия, при котором вектор движения инструмента совпадает с направлением волокон, достигается наилучшее качество поверхности. С увеличением угла встречи (особенно при $\gamma > 60^\circ$) наблюдается резкий рост микронеровностей в результате разрушения волокнистой структуры и вырывов. Экспериментальные данные указывают на диапазон $\gamma \approx 15\text{--}30^\circ$ в сочетании с толщиной стружки $h \approx 0,10\text{--}0,15$ мм и радиусом кривизны режущей кромки $\rho \approx 20\text{--}30$ мкм как наиболее благоприятный для получения минимальных значений шероховатости без существенного увеличения энергозатрат. Эти выводы опираются на измерения профилографическим методом и корреляционный анализ зависимости высоты максимальных неровностей от исследуемых параметров.

При абразивной обработке (шлифовании) принципиально иное поведение обусловлено дисперсной природой режущего инструмента: режущую функцию выполняет совокупность абразивных зерен с неоднородной

ориентацией, формой и степенью остроты. Важными технологическими характеристиками шлифовальной шкурки являются зернистость, структура насыпки (плотная, полукрытая, разряженная), материал зерна (электрокорунд, карбид кремния), вид связки и основа (бумага, ткань, фибра, синтетика), а также наличие антипригарных покрытий, например стеарата. Для шлифования твердых пород и плитных материалов чаще применяют электрокорунд белого типа либо карбид кремния для особо твердых лакированных поверхностей; выбор основы и типа связки определяется требованиями к гибкости, прочности и водостойкости [2].

Производительность и стойкость шлифовальной шкурки зависят от комбинации режима и конструкции инструмента. С увеличением давления прижима возрастает число активных зерен в контакте, что повышает массовую производительность, но одновременно ускоряет засаливание при плотной насыпке зерна и может ухудшать качество при неоптимальном сочетании параметров. Электростатический метод нанесения зерна позволяет ориентировать продолговатые зерна острием вниз, что повышает режущую способность и удельную производительность по сравнению с гравитационным методом. Также отмечено, что шкурки с умеренной степенью насыпки (примерно 70–75 %) часто демонстрируют более высокую работоспособность по сравнению с полностью плотной насыпкой за счет лучшего отвода стружки и пониженного засаливания.

При практической настройке технологического процесса рекомендуется комбинировать операции: черновое шлифование с крупной зернистостью для снятия припуска и выравнивания поверхности, и последующее получистовое/чистовое шлифование с последовательным уменьшением зернистости для достижения требуемой шероховатости. Оптимальный режим подачи и глубина съема должны соответствовать характеристикам инструмента и породе древесины: для мягких и смолистых пород целесообразна более открытая структура насыпки, уменьшающая засаливание, тогда как для твердых лиственных пород оправдана более плотная насыпка и применение белого электрокорунда.

С точки зрения дальнейших исследований заметна нехватка работ, посвященных детальному изучению влияния геометрии отдельных абразивных зерен и их динамики при ударно-абразивных взаимодействиях, а также определения глубины резания одиночным зерном в зависимости от нормальной силы резания. Частично такие вопросы отмечены как перспективные в ряде обзоров и экспериментальных исследований; их решение позволило бы более точно моделировать процесс и разрабатывать материалы с целенаправленной структурой рабочего слоя.

Таким образом, современное состояние вопроса позволяет сформулировать практические рекомендации: рациональный подбор зернистости и структуры насыпки в сочетании с подходящими режимами подачи и давления прижима, применение ориентированных методов нанесения зерна

и использование комбинированных технологических схем чернового и чистового шлифования – все это обеспечивает требуемое качество поверхности при экономных энергетических затратах. Сохранение и систематизация экспериментальных данных по паре «инструмент–режим» по конкретным породам древесины позволит перевести эмпирические зависимости в формализованные методики расчета режимов для промышленных задач.

Дополнительное внимание в современных исследованиях уделяется микромеханизму взаимодействия абразивного зерна с древесиной. Процесс шлифования представляет собой совокупность множественных актов микроударного резания и трения, в ходе которых отдельные абразивные зерна, имеющие отрицательные передние углы и случайную ориентацию, проникают в поверхностный слой древесины, вызывая срезание микрочастиц и упругопластические деформации волокон. При этом на единичное зерно действуют нормальные и касательные силы, сумма которых определяет локальную температуру и энергию резания. Наиболее значительные энергетические потери связаны с процессами трения и деформации, а не с собственно срезанием материала, что отличает шлифование от других видов механической обработки. Согласно экспериментальным данным, зона контакта при шлифовании характеризуется быстрым затуплением зерен и частичной потерей их режущей способности уже на начальном этапе работы. Затупление приводит к возрастанию касательных сил и температуре в зоне контакта, а также к интенсификации засаливания шкурки продуктами резания. Для снижения этих эффектов применяются шлифовальные шкурки с покрытием стеарата цинка или кальция, создающим антифрикционный и антистатический слой, что способствует уменьшению трения и повышает стойкость инструмента. Кроме того, все большее распространение получает применение электростатического метода нанесения абразивных зерен, при котором продолговатые зерна ориентируются острием к основе, обеспечивая более равномерное и агрессивное резание древесины.

Современные тенденции в развитии абразивных материалов ориентированы на повышение их износостойкости, самозатачивающейся способности и стабильности геометрии зерен. Традиционные материалы – электрокорунд и карбид кремния – дополняются новыми композициями на основе керамических абразивов и микрокристаллических структур, которые обладают более высокой твердостью и способны сохранять режущие свойства при длительной работе. Перспективным направлением является разработка абразивов с контролируемой хрупкостью, что позволяет обеспечить частичное самообновление режущих кромок при разрушении зерен. Замена мездрового клея на синтетические смолы, например фенольные, эпоксидные или полиэфирные, существенно увеличивает термостойкость и срок службы инструмента. При интенсивной обработке шкурки сочетающие синтетические тканевые или комбинированные основы

и синтетические смолы демонстрируют наибольшую устойчивость к нагрузкам и перепадам температур. Гибридные материалы сочетают в себе прочность и стабильность геометрии шкурки с эластичностью, что позволяет формировать устойчивый контакт с древесиной и обеспечивает равномерность работы абразивных зерен, что наиболее значимо при финишной обработке. Развитие данных направлений способствует созданию интеллектуальных абразивных материалов, которые могут эффективно подстраиваться под изменяющиеся условия обработки.

Список источников

1. Анализ влияния формы абразивного зерна на эффективность процесса шлифования древесины / В. В. Сергеевичев, А. В. Сергеевичев, Е. О. Овчарова, А. С. Машутин // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. 2017. Т. 3. С. 115–117.

2. Анализ процесса стружкообразования при шлифовании древесины абразивными зёрнами / А. В. Сергеевичев, В. В. Сергеевичев, А. А. Лебедев [и др] // Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ. 2022. С. 471–476.