

УДК 674.055

А. В. Сергеевичев, В. И. Онегин

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ
НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ШКУРКИ
ПРИ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ**

Шлифование занимает особое место среди других видов механической обработки древесины. Обусловлено специфическими особенностями происходящих физических явлений и особенностями инструмента. Шлифовальный инструмент не имеет сплошной режущей кромки, в большинстве случаев передние углы для абразивных зерен отрицательны, зерна имеют округленные вершины и неправильную геометрическую форму. Шлифование следует рассматривать как процесс резания-царапания поверхностного слоя древесины большим количеством абразивных зерен шлифовального инструмента.

Шлифовальная шкурка – абразивный инструмент на гибкой основе с нанесенным на нее слоем или несколькими слоями шлифовального материала, закрепленного связкой. Конструкция шлифовальной шкурки: основа, основной слой связующего, абразивные зерна, закрепляющий слой связующего, антистатическое, пылеотталкивающее покрытие.

Шлифование с использованием инструмента на эластичной основе является относительно новым, но весьма перспективным видом абразивной обработки. Оборудование для ленточного шлифования просто по конструкции и экономично в эксплуатации. Применение шлифовальных лент большой ширины дает возможность обрабатывать крупногабаритный материал, а наличие у лент эластичной основы позволяет обрабатывать криволинейные поверхности больших размеров.

Один из наиболее важных параметров шлифовальной шкурки – ее прочность на разрыв. Она главным образом зависит от прочности основы и клеевого слоя и выбирается в зависимости от растягивающих усилий, воздействию которых абразивная лента подвергается в процессе работы.

При использовании шлифовального цилиндра, шлифовального диска, виброинструмента, абразивной ленты с приводным шкивом в качестве контактной опоры и абразивной ленты с промежуточной гибкой связью целесообразно применять менее прочные шлифовальные шкурки, чем при обработке абразивной лентой с холостым шкивом в качестве контактной опоры и абразивной лентой на контактной опоре скольжения.

Ключевые слова: шлифование древесины и древесных материалов, работоспособность шлифовальной шкурки.

A. V. Sergeevichev, V. I. Onegin

Saint-Petersburg State Forest Technical University

**THE ANALYSIS OF INFLUENCE OF EFFORT TO STRETCHING
ON WORKING CAPACITY OF ABRASIVE PAPER WHEN PROCESSING WOOD**

Grinding holds the specific place among other types of machining of wood caused by specific features of the occurring physical phenomena and features of the tool. The grinding tool has no continuous trimming blade, in most cases forward corners for abrasive grains are negative, and grains have the rounded tops and the irregular geometrical shape. Grinding should be considered as process of cutting scratching of the surface layer of wood a large amount of abrasive grains of the grinding tool.

Abrasive paper – the abrasive tool on a flexible basis with the layer applied on it or several layers of the grinding material fixed by a sheaf. The design of an abrasive paper consists from: bases, the main layer binding, abrasive grains, the fixing layer of a binding, antistatic coating.

Grinding with use of the tool on an elastic basis is rather new, but very perspective view of abrasive processing. The equipment for tape grinding is prime on a design and is economic on stream. Application of abrasive belts of big width gives the chance to process large-size material, and presence at tapes of an elastic basis allows to process curvilinear surfaces of the larger sizes.

One of the most important parameters of an abrasive paper is its tensile strength. Durability of an abrasive paper on a gap generally depends on durability of a basis and an adhesive coat and is chosen depending on tensile strains which the abrasive tape is exposed in the course of work.

When using the grinding cylinder, a grinding disk, the vibrotool, an abrasive tape with a drive pulley as a contact support and an abrasive tape with the intermediate flexible coupling it is expedient to apply less strong grinding skins, than when processing by an abrasive tape with a single pulley as a contact support and an abrasive tape on a contact support of sliding

Key words: grinding of wood and wood materials, working capacity of abrasive paper.

Введение. Шлифование – один из видов механической обработки древесины и древесных материалов резанием, характеризуемый перемещением с большими скоростями активных абразивных зерен, расположенных на рабочей поверхности шлифовальной шкурки и находящихся под действием нормальных и касательных сил.

Резание древесины абразивным инструментом – шлифовальной шкуркой носит массовый характер агрессии, связанный с дисперсной структурой шлифовальных шкурок.

Основное назначение процесса шлифования – подготовка поверхности к отделке путем ликвидации неровностей, дефектов предыдущей обработки [1].

Эффективность шлифования в большей степени зависит от режимов обработки, характеристики и свойств шлифовального инструмента [2–4].

Известно, что рабочими движениями называют перемещения резца и материала относительно неподвижных осей координат, необходимые и достаточные для осуществления процесса резания.

Рабочие движения, осуществляемые в шлифовальных станках, состоят из прямолинейно-поступательного и вращательного. При этом шлифовальный инструмент обычно совершает главное движение, а обрабатываемая деталь – движение подачи.

Элементарный резец шлифовальных инструментов представляет собой абразивное зерно, закрепленное при помощи связки на поверхности инструмента. Зерно-резец может осуществлять резание обрабатываемого материала любой стороной, выступающей из связки. Поэтому возможно достаточно большое количество различных сочетаний рабочего движения подачи по направлению вектора скорости подачи обрабатываемого материала и главного рабочего движения по направлению вектора скорости перемещения абразивного зерна относительно неподвижных осей координат [5–7].

Основная часть. Прочность шлифовальной шкурки зависит от следующих параметров: прочности абразивных зерен, прочности их крепления на основе, прочности связки и основы.

При работе шлифовальной шкурки решающим может оказаться любой из параметров. Прочность шлифовальной шкурки на разрыв зависит от прочности основы и клеевого слоя и выбирается в зависимости от растягивающих усилий, воздействию которых шлифовальная шкурка подвергается в процессе работы. Однако, чем прочнее шлифовальная шкурка, тем она дороже [8–10]. Для снижения затрат на шлифование желательно применять менее прочные абразивные ленты.

Величина усилий, растягивающих шлифовальную шкурку, может меняться в зависимости от используемых схем шлифования. Шлифовальная шкурка применяется в виде листов, которые натягивают на цилиндр, или в виде бесконечных абразивных лент.

В различных схемах ленточного шлифования абразивная лента выполняет одновременно две функции: осуществляет резание материала и передает рабочие усилия.

Величина натяжения абразивной ленты как гибкой связки ограничивается с одной стороны передаваемой мощностью, с другой – прочностью на разрыв. Натяжение должно быть достаточным для обеспечения работы шлифовальной ленты без проскальзывания. Излишнее натяжение может привести к разрыву ленты [11]. Максимальное натяжение абразивной ленты S в общем случае представим в виде суммы:

$$S = S_{ц} \cdot S_c \cdot S_0, \quad (1)$$

где S – максимальное натяжение шлифовальной шкурки, Н; $S_{ц}$ – натяжение от центробежных сил, Н; S_c – натяжение от сил сопротивления движению шлифовальной ленты, Н; S_0 – начальное натяжение шлифовальной шкурки, Н.

На рис. 1 представлена схема шлифования абразивной лентой на контактной опоре скольжения. В этом случае силы сопротивления движению шлифовальной шкурки складываются из касательной составляющей сил резания, силы трения тыльной стороны ленты о поверхность контактной основы и силы трения в опорах холостого шкива [12]:

$$S_c = P_t + F_o \cdot F_{ш}, \quad (2)$$

где P_t – касательная составляющая сил резания, Н; F_o – силы трения по поверхности контактной опоры, Н; $F_{ш}$ – силы трения в опорах холостого шкива, Н.

$$F_o = P_n \cdot \mu, \quad (3)$$

где P_n – нормальная составляющая сил резания, Н; μ – коэффициент трения тыльной стороны шлифовальной ленты по контактной опоре, Н.

Тогда

$$S_c = P_t + P_n \cdot \mu + F_{ш}. \quad (4)$$

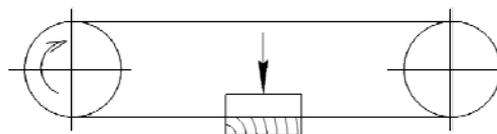


Рис. 1. Схема процесса шлифования абразивной лентой на контактной опоре скольжения

На рис. 2 представлена схема шлифования абразивной лентой, когда контактной опорой является холостой шкив. Здесь силы сопротивления движению абразивной ленты будут меньше, чем в предыдущем случае, так как отсутствует трение по поверхности контактной опоры [13].

Следовательно, и максимальное натяжение абразивной ленты будет меньше.

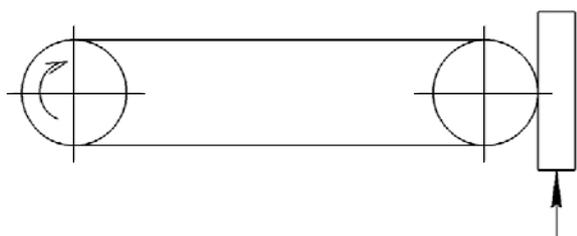


Рис. 2. Схема процесса шлифования с холостым шкивом в качестве контактной опоры

$$S_c = P_t + F_{ш}. \quad (5)$$

На рис. 3 представлены схемы процесса шлифования древесины, при которых шлифовальная шкурка подвергается наименьшим растягивающим усилиям.

Данные схемы привлекательны тем, что усилия резания во всех случаях передаются в месте контакта с обрабатываемой деталью непосредственно на приводной механизм в результате сцепления тыльной поверхности шлифовальной шкурки с поверхностью приводного механизма [14].

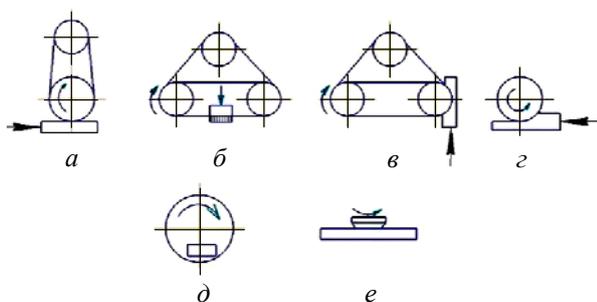


Рис. 3. Схемы процесса шлифования с наименьшими растягивающими усилиями шлифовальной шкурки:

- а – абразивной лентой с приводным шкивом в качестве контактной опоры;
- б – абразивной лентой с промежуточной гибкой связью при шлифовании на контактной опоре скольжения;
- в – абразивной лентой с промежуточной гибкой связью и холостым шкивом в качестве контактной опоры;
- г – шлифовальным цилиндром;
- д – виброшлифовальным инструментом;
- е – шлифовальным диском

Далее проанализируем натяжение шлифовальной шкурки в этих схемах. Для этого на рис. 4 схематично представим процесс резания

абразивной лентой с приводным и холостым шкивами в качестве контактной опоры.

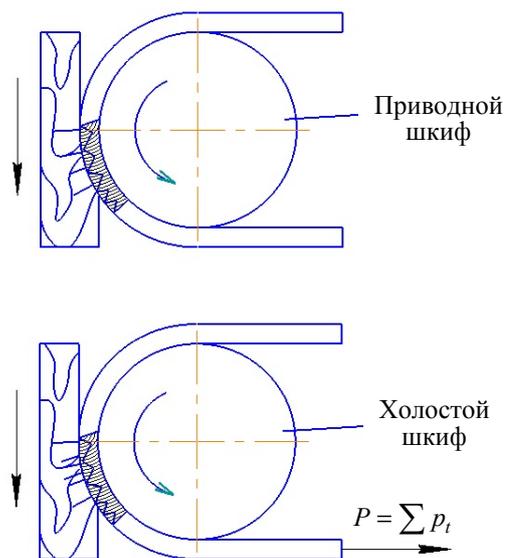


Рис. 4. Схемы процесса шлифования абразивной лентой с приводным и холостым шкивами

При срезании стружек на каждом режущем зерне возникают элементарные касательные p_t и нормальные p_n силы резания. Касательные силы растягивают шкурку, в то время как нормальные прижимают ее к поверхности контактной опоры. При достижении сцепления тыльной стороны шлифовальной шкурки с поверхностью приводного устройства каждая элементарная касательная сила будет растягивать только тот участок шкурки, который прилегает к абразивному зерну. Наибольшее растяжение вызовет максимальная элементарная касательная сила p_{tmax} . В любом случае эта сила будет значительно меньше силы натяжения шлифовальной шкурки, так как данная сила складывается из всех элементарных касательных сил резания и полностью передается на ведущую ветвь абразивной ленты, вызывая ее натяжение [15].

При недостаточном сцеплении тыльной стороны шлифовальной шкурки с поверхностью приводного устройства натяжение ленты от сил резания увеличивается в результате проскальзывания. Однако величина натяжения становится меньше, чем в предыдущем случае (без проскальзывания).

Следовательно, силы сопротивления движению шлифовальной шкурки в худшем случае, при наличии проскальзывания (рис. 3а, б, в), будут равны

$$S_c = P_t - (P_n + T) \cdot \mu' + F_{ш}, \quad (6)$$

где T – сила прижима шлифовальной шкурки к приводному устройству в результате начального натяжения шкурки, Н; μ' – коэффициент

трения тыльной стороны шкурки по поверхности приводного устройства.

В схемах шлифования (рис. 3, *з*, *д*, *е*) силы сопротивления движения равняются

$$S_c = P_t - (P_n + T) \cdot \mu' \quad (7)$$

На основании анализа величин сил сопротивления движению шлифовальной шкурки в различных схемах шлифования (формулы (4)–(7)) можно сделать вывод, что наименьшее растяжение абразивная лента испытывает при использовании шлифовального цилиндра (рис. 3, *з*), шлифовального диска (рис. 3, *д*) и виброинструмента (рис. 3, *е*). Несколько большее растяжение – при шлифовании абразивной лентой, когда контактной опорой является приводной шкив (рис. 3, *а*), и при использовании абразив-

ной ленты с промежуточной гибкой связью (рис. 3, *б*, *в*). Второе по величине натяжение – при шлифовании абразивной лентой, когда контактной опорой является холостой шкив (рис. 2). Наибольшее натяжение наблюдается при использовании абразивной ленты на контактной опоре скольжения (рис. 1).

Заключение. При применении шлифовального цилиндра, шлифовального диска, виброинструмента, абразивной ленты с приводным шкивом в качестве контактной опоры и абразивной ленты с промежуточной гибкой связью можно использовать менее прочные шлифовальные шкурки, чем при обработке абразивной лентой с холостым шкивом в качестве контактной опоры и абразивной лентой на контактной опоре скольжения.

Литература

1. Амалицкий В. В. Оборудование отрасли: учебник. М.: МГУЛ, 2005. 584 с.
2. Сергеевичев А. В. Основные характеристики процесса шлифования древесины и древесных материалов // Известия СПбЛТА. 2014. № 206. С. 124–138.
3. Глебов И. Т. Резание древесины: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2010. 256 с.
4. Назаренко И. Г. Исследование динамики процесса шлифования древесины с позиции активных зерен. Л.: ЛТА, 1970. 56 с.
5. Артеменков А. М., Сергеевичев А. В. Определение объема межзернового пространства шлифовального инструмента при обработке древесины и древесных материалов // Известия СПбЛТА. 2017. № 218. С. 174–186.
6. Зонов Е. Г. Исследование процесса шлифования древесины. Л.: ЛТА, 1951. 25 с.
7. Кулаков Ю. М. Предотвращение дефектов при шлифовании. М.: Машиностроение, 1977. 144 с.
8. Каменев Б. Б., Сергеевичев А. В. Дереворежущие инструменты: учеб. пособие. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. 330 с.
9. Зотов Г. А. Дереворежущий инструмент. Конструкция и эксплуатация. СПб.: Лань, 2010. 384 с.
10. Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов. М.: Машиностроение, 1975. 320 с.
11. Кравчук В. И. Исследование и разработка методов повышения эффективности ленточного шлифования путем улучшения рельефа абразивного слоя: автореферат дис. ... канд. техн. наук. Киев, 1982. 20 с.
12. Попов Ю. П. Исследование работоспособности шлифовальной шкурки. М.: Машгиз, 1964. 20 с.
13. Сергеевичев А. В. Формирование поверхности древесины и древесных материалов: монография. СПб.: ЛТУ, 2015. 136 с.
14. Худобин Л. В. Анализ геометрии абразивного зерна. Ульяновск, 1966. 26 с.
15. Борзенкова С. С. Исследование процесса ленточного шлифования. Л.: ЛТА, 1980. 120 с.

References

1. Amalitskiy V. V. *Oborudovaniye otrasli* [Inventory of branch]. Moscow, MGUL Publ., 2005. 584 p.
2. Sergeevichev A. V. Main characteristics of process of grind of wood and wood materials. *Izvestiya SPbLTA* [News SPbLTA], 2014, no. 206, pp. 124–138 (In Russian).
3. Glebov I. T. *Rezaniye drevesiny* [Wood cutting]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2010. 256 p.
4. Nazarenko I. G. *Issledovaniye dinamiki protsessya shlifovaniya drevesiny s pozitsii aktivnykh zeren* [Research of dynamics of process of grinding of wood from a position of the fissile grains]. Leningrad, LTU Publ., 1970. 56 p.
5. Artemenkov A. M., Sergeevichev A. V. Scoping of intergrain space of the grinding tool when processing wood and wood materials. *Izvestiya SPbLTA* [News SPbTA], 2017, no. 218, pp. 174–186 (In Russian).
6. Zonov E. G. *Issledovaniye protsessya shlifovaniya drevesiny* [Wood grinding process research]. Leningrad, LTA Publ., 1951. 25 p.
7. Kulakov Yu. M. *Predotvrashcheniye defektov pri shlifovanii* [Prevention of defects when grinding]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1977. 144 p.

8. Kamenev B. B., Sergeevichev A. V. *Derevorezhushchiye instrumenty* [Woodcutting tools]. St. Petersburg, PbGLTU Publ., 2013. 330 p.
9. Zotov G. A. *Derevorezhushchiy instrument. Konstruktsiya i ekspluatatsiya* [Woodcutting tool. Construction and operation]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2010. 384 p.
10. Maslov E. N. *Teoriya shlifovaniya materialov* [Theory of grinding of materials]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1975. 320 p.
11. Kravchuk V. I. *Issledovaniye i razrabotka metodov povysheniya effektivnosti lentochnogo shlifovaniya putem uluchsheniya rel'efab abrazivnogo sloya. Avtoref. cand. tekhn. nauk* [Research and development of methods of increase of efficiency of tape grinding by improving of a relief of an abrasive layer]. Abstract of thesis cand. of eng. sci.]. Kiev, 1982. 20 p.
12. Popov Yu. P. *Issledovaniye rabotosposobnosti shlifoval'noy shkurki* [Research of operability of an abrasive paper]. Moscow, Mashgiz Publ., 1964. 20 p.
13. Sergeevichev A. V. *Formirovaniye poverkhnosti drevesiny i drevesnykh materialov* [Formation of a surface of wood and wood materials]. St. Petersburg, LTU Publ., 2015. 136 p.
14. Khudobin L. V. *Analiz geometrii abrazivnogo zerna* [Analysis of geometry of abrasive grain]. Ul'yanovsk, 1966. 26 p.
15. Borzenkova S. S. *Issledovaniye protsessa lentochnogo shlifovaniya* [Research of process of tape grinding]. Leningrad, LTA Publ., 1980. 120 p.

Информация об авторах

Сергеевичев Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и оборудования деревообрабатывающих производств. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет (194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., 5, Российская Федерация). E-mail: 910sav@gmail.com

Онегин Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии и оборудования деревообрабатывающих производств. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет (194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., 5, Российская Федерация). E-mail: onegin.ltu@mail.ru

Information about the authors

Sergeevichev Alexander Vladimirovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Woodworking Technology and Equipment. Saint-Petersburg State Forest Technical University (5, Institutskiy per., 194021, Saint-Petersburg, Russian Federation). E-mail: 910sav@gmail.com

Onegin Vladimir Ivanovich – DSc (Engineering), Professor, Professor, the Department of Woodworking Technology and Equipment. Saint-Petersburg State Forest Technical University (5, Institutskiy per., 194021, Saint-Petersburg, Russian Federation). E-mail: onegin.ltu@mail.ru

Поступила 08.06.2017