

**ВЛИЯНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ПИЛОПРОДУКЦИИ****THE INFLUENCE OF THE STABILITY OF BAND SAWS ON THE QUALITY INDICATORS
OF SAW PRODUCTS**

Багно О.П., аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Россия, Воронеж

Максименков А.И., кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Россия, Воронеж

Bagno O.P., post-graduate student of the Voronezh state forest engineering University named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia

Maksimenzov A.I., candidate of technical Sciences, associate Professor, Voronezh state forest engineering University named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. Главным недостатком круглопильных станков является нахождение в пропилах неработающих зубьев. При вибрациях, нарушении плоскости пил, несовпадении направления подачи с плоскостями пропила, перебазированиях эти зубья портят поверхности обработки. Ленточное лесопиление позволяет обеспечить высокое качество пиломатериалов по шероховатости их поверхности при высоких скоростях подачи; повышение производительности труда в 1,5-2 раза за счет механизации и автоматизации технологических операций. Одним из важнейших преимуществ ленточнопильных станков является малая ширина пропила, которая в 1,5-2 раза меньше, чем у лесорам; малая толщина пилы обеспечивает малый расход древесины в опилки и высокий объемный выход пиломатериалов. Пиление древесины на ленточнопильных станках, в подавляющем большинстве случаев, характеризуется торцовым резанием. Из 3-х форм стружкообразования при резании в торец, для ленточных пил наиболее характерно образование элемента стружки путем ее скалывания с расслоением древесины по дну пропила. На качество поверхности, с точки зрения ее шероховатости, помимо процесса образования элемента стружки, влияет ее расположение в межзубовом пространстве, наличие и степень прессования и транспортировки элемента стружки. На качество поверхности, с точки зрения ее шероховатости, помимо процесса образования элемента стружки, влияет ее расположение в межзубовом пространстве, наличие и степень прессования и транспортировки элемента стружки. В результате исследований исходных условий разработки схемы заточки зубьев, в качестве основных можно выделить ориентацию активных элементов лезвия относительно средней плоскости пилы.

Summary. The main drawback of circular sawing machines is the presence of broken teeth in the cut. In case of vibrations, violation of the saw plane, mismatch of the feed direction with the

saw planes, and rebasing, these teeth spoil the processing surface. Belt sawing allows you to ensure high quality of lumber on the roughness of their surface at high feed rates; increase productivity by 1.5-2 times due to mechanization and automation of technological operations. One of the most important advantages of band saws is the small width of the cut, which is 1.5-2 times smaller than that of the sawmill; the small thickness of the saw ensures low consumption of wood in sawdust and high volume output of lumber. Sawing wood on band saws, in the vast majority of cases, is characterized by face cutting. Of the 3 forms of chip formation when cutting into the end, for band saws, the most characteristic is the formation of the chip element by chipping it with the stratification of wood along the bottom of the cut. The quality of the surface, in terms of its roughness, in addition to the formation of the chip element, is affected by its location in the interdental space, the presence and degree of compression and transportation of the chip element. The quality of the surface, in terms of its roughness, in addition to the formation of the chip element, is affected by its location in the interdental space, the presence and degree of compression and transportation of the chip element. As a result of studies of the initial conditions for the development of the teeth sharpening scheme, the orientation of the active elements of the blade relative to the middle plane of the saw can be identified as the main ones.

Ключевые слова: лесопиление, ленточная пила, стружкообразование, качество поверхности, подготовка режущего инструмента.

Keywords: sawmilling, band saw, chip formation, surface quality, preparation of cutting tools.

В настоящее время в нашей стране предусматривается разработка и осуществление программ технического перевооружения и реконструкции производства, его непрерывного обновления на основе новой техники и передовой технологии.

Процесс образования элемента стружки непосредственно отражается на образовании поверхности пропила. Следовательно, явления сопровождающие этот процесс, непосредственно отражаются на качестве поверхности пропила.

На качество поверхности, с точки зрения ее шероховатости, помимо процесса образования элемента стружки, влияет ее расположение в межзубовом пространстве, наличие и степень прессования и транспортировки элемента стружки. Главное (переднее) лезвие зуба ленточной пилы соприкасается с волокнами древесины, как правило, строго перпендикулярно их направлению. Известно, что поперечное сечение клеток, колеблется в среднем от 20 до 55 мкм, в то же время радиус заострения зубьев острой ленточной пилы из-за малой их жесткости при заточке обычно не бывает менее чем 10 – 15 мкм. При специальных условиях заточки и доводки зубьев, радиус затупления лезвия зубьев может быть доведен до 6 – 9 мкм. Следовательно, лезвие зуба ленточной пилы не перерезает боковые стенки клеток, а сминая и ломает их. При этом, внедряясь в древесину лезвие, прежде чем сломать, сминая и изгибает волокна, деформируя их [1, 2]. Чем глубже оно внедряется и чем больше подача на зуб, тем большая часть граней резца вступает в контакт с древесиной, сминая ее.

Рассмотрим особенности формирования поверхности ленточных пил (рисунок 1), подготовленных по различным схемам развода зубьев.

Из анализа рисунка 1 видно, что при неизменной подаче на зуб расстояния между соседними впадинами неровностей обработанных поверхностей будут различны и зависят от способа развода зубьев.



а – парный развод зубьев на сторону, б – развод зубьев через один неразведенный зуб

Рисунок 1. Схема обрабатываемой поверхности во время пиления ленточной пилой

Обработанная поверхность с любой стороны от пилы (рисунок 1) формируется зубьями, которые отогнуты в стороны.

В случае парного развода на каждый зуб у стенки пропила приходится удвоенная подача и, соответственно, удвоенная номинальная толщина срезаемого слоя $h = 2e$ (рисунок 1, а). В случае развода зубьев через один неразведенный зуб номинальная толщина срезаемого слоя у стенки пропила утраивается (рисунок 1, б) и составляет $h = 3e$.

Аналогично и расстояние между соседними впадинами S_{z_i} (рисунок 2) в последнем случае

будет в $\frac{3e}{2e} = 1,5$ раза больше [1].

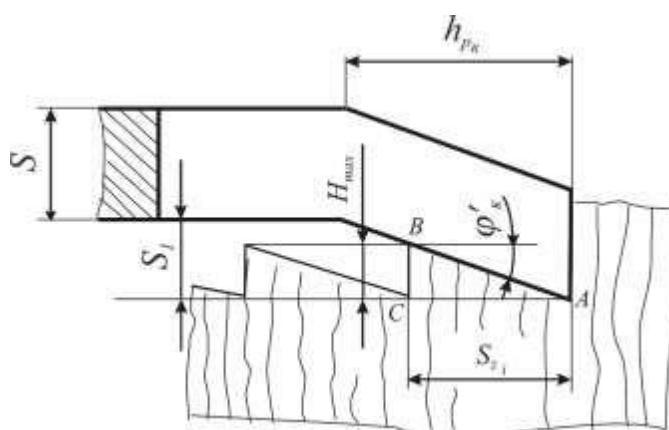


Рисунок 2. Схема для определения глубины и шага кинематических неровностей во время пиления ленточной пилой

Для среднего шага неровностей профиля во впадинах (при условии одинакового развода зубьев на сторону) расстояние между соседними впадинами S_z для различных схем развода:

$$S_z = S_{z_y} = 2a, \quad (1)$$

$$S_z = S_{z\perp} = 3a, \quad (2)$$

$$S_z = 1,5S_{z_i}. \quad (3)$$

При условии одинакового развода зубьев на сторону из ΔABC (рисунок 2) можно определить показатель H_{\max} :

$$H_{\max} = S_{z_i} \cdot \operatorname{tg}\varphi'_k. \quad (4)$$

Параметры, определяющие показатель H_{\max} , величина развода зубьев на сторону SI и кинематическая высота развода зубьев $h_{p_k} = h_p \cdot \cos\eta$ не зависят от способа развода зубьев. Тогда, при условии одинаковых величин указанных параметров, для среднего арифметического высот отдельных наибольших неровностей в соответствии с зависимостями (1, 2) можно записать:

$$\frac{R_{m_{\max}}}{R_{m_{\max}}} = \frac{S_z}{S_z} = 1,5. \quad (5)$$

Пиление древесины на ленточнопильных станках, в подавляющем большинстве случаев, характеризуется торцовым резанием. Из 3-х форм стружкообразования при резании в торец, для ленточных пил наиболее характерно образование элемента стружки путем ее скалывания с расслоением древесины по дну пропила (рисунок 3) [4].

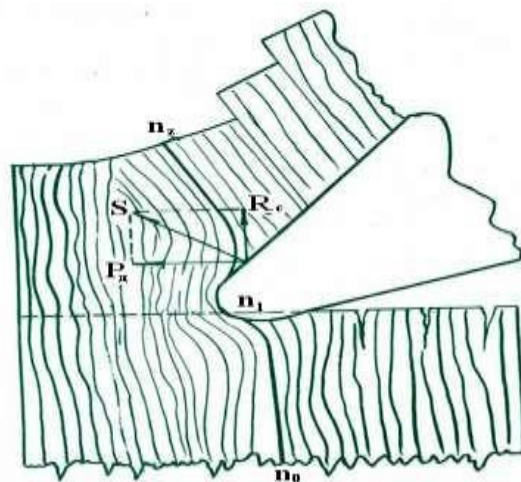


Рисунок 3. Схема стружкообразования скалыванием с расслоением

Стандартами на ленточные пилы предусмотрено изменение угла резания в пределах $65-75^\circ$. Средняя, наиболее распространенная величина угла резания, равна 65° . За счет угла наклона траектории перемещения зуба пилы в древесине по отношению к вектору скорости резания, в какой-то мере изменяется угол резания. Добавочный угол резания, определяется из соотношения скоростей резания и подачи: $\lambda = \operatorname{arctg}U / v$.

В зависимости от применяемых при ленточном пилении соотношений, угол λ меняется в пределах от 9 минут до $2^\circ 17'$. За счет наклона траектории режущих кромок зубьев задний угол уменьшается, а передний угол увеличивается на величину λ . В то же время на изменение величины подачи на зуб наклон траектории на угол λ заметного влияния не оказывает.

На качество поверхности, с точки зрения ее шероховатости, помимо процесса образования элемента стружки, влияет ее расположение в межзубовом пространстве,

наличие и степень прессования и транспортировки элемента стружки. Главное (переднее) лезвие зуба ленточной пилы соприкасается с волокнами древесины, как правило, строго перпендикулярно их направлению. Известно, что поперечное сечение клеток, колеблется в среднем от 20 до 55 мкм, в то же время радиус заострения зубьев острой ленточной пилы из-за малой их жесткости при заточке обычно не бывает менее чем 10 – 15 мкм. При специальных условиях заточки и доводки зубьев, радиус затупления лезвия зубьев может быть доведен до 6 – 9 мкм. Следовательно, лезвие зуба ленточной пилы не перерезает боковые стенки клеток, а сминая и ломает их. При этом, внедряясь в древесину лезвие, прежде чем сломать, сминая и изгибает волокна, реформируя их, как это указано в работах Е.Г.Ивановского и С.А.Воскресенского [2,3]. Чем глубже оно внедряется и чем больше подача на зуб, тем большая часть граней резца вступает в контакт с древесиной, сминая ее.

В месте выгибания зуба под углом ψ к линии вершин лезвий зубьев, внешний вспомогательный задний угол в любой точке внешней боковой режущей кромки определяется по зависимости:

$$tg\alpha'_{\psi} = \frac{S_1 \cdot \cos\gamma}{h_p \cdot tg\beta} \left(\frac{\sin(90^\circ - \gamma + \psi - \beta)}{\sin(90^\circ + \gamma - \psi)\cos\beta} - 1 \right). \quad (6)$$

Для кинематического внешнего вспомогательного заднего угла (в любой точке внешней боковой режущей кромки зуба, когда развод по биссектрисе угла заострения) зависимость:

$$tg\alpha'_{\psi} = \frac{S_1 \cdot \cos\gamma \cdot \sin(90 - \beta - \gamma - \eta)}{h_p \cdot \sin\beta} \cdot \left(\left(1 + \frac{\sin\beta \cdot \sin(\gamma + \eta)}{\sin(90 - \beta - \gamma - \eta)} \right) \cdot \frac{1}{\cos\beta} - 1 \right). \quad (7)$$

Точность распиловки на ленточнопильных станках зависит от способности ленточной пилы сохранять заданную траекторию движения зубьев в пропиле. Такую способность пилы называют устойчивостью. Потеря устойчивости ленточных пил характеризуется величиной наибольшего отклонения пилы от плоскости ее натяжения под действием внешних сил. Различают три вида устойчивости, которые нужно учитывать, анализируя процесс распиловки древесины ленточными пилами: стойкость ленточной пилы от поперечного смещения по шкиву под действием нормальной составляющей силы резания; устойчивость ленточной пилы в случае отклонений от прямолинейности в пропиле под действием боковой составляющей силы резания; вибростойкость ленточной пилы.

Утрата пилой хотя бы одного из этих трех видов устойчивости повлечет возникновение криволинейных пропилов. Величина наибольшего отклонения пилы от плоскости ее натяжения определяется:

$$y = \frac{P_{\text{сум}} \cdot l_6^3}{48 \cdot E \cdot \frac{1}{12} B \cdot S^3} \cdot \frac{l_6^2}{F_H} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot B_1 \cdot S^3}{12}}, \quad (8)$$

где y - прогиб пилы от плоскости ее натяжения, мм; $P_{\text{сум}}$ - сумма сил, действующих на пилу в плоскости наименьшей жесткости, Н; l_6 - свободная длина рабочей ветки (расстояние между направляющими), мм; F_H - сила натяжения, Н.

Таким образом на величине наибольшего отклонения пилы сказываются силы, действующие на пилу в плоскости наименьшей жесткости, расстояние между направляющими пилы, а также толщина и ширина тела пилы, модуль упругости для стали и силы натяжения пилы. Вследствие выполненного исследования были получены закономерности изменения точности (утроенное значение среднеквадратического отклонения $\pm \delta$ от центра их группировки ($\Delta = \pm 3\delta$)) в зависимости от скорости подачи и высоты пропила. С увеличением малых скоростей подачи точность пиломатериалов снижается постепенно. С дальнейшим увеличением скорости подачи отклонения размеров пиломатериалов от стандартных значений начинает быстро расти.

В работе В.Ф.Фонкина [5] для определения величины x рекомендуется применять известную формулу: $x = \sqrt{U_z}$. Тогда $P_{у.д.р.}$ – удельное давление элемента стружки за счет силы P_d на поверхность пропила можно написать как: $P_{у.д.р.} = 0,5 P_d U_z$.

В зависимости от соотношения между размерами элементов стружки и расстоянием от полотна пилы до стенок пропила часть стружки, или как их чаще называют, опилки попадают в зазор между пилой и стенками пропила. При этом чем меньше опилки, тем большая их часть просыпается в эти щели. Просыпавшиеся опилки трутся о полотно пилы и стенки пропила, в какой-то мере измельчаясь и деформируясь. Количество просыпавшихся частиц, размеры которых близки к ширине щели или даже чуть больше ее, весьма велико. Так как коэффициент трения между стенками пропила и опилками много больше, чем между опилками и полотном пилы, то опилки задерживаются на шероховатостях пласти материала.

Из-за этого полотно пилы на всем продолжении распиловки перемещается как бы в направляющих из опилок. При этом увеличивается нагрев пилы, а силы трения, стабилизируясь по протяженности пропила, возрастают в направлении от входа зуба в пропил к выходу. Часть опилок остается во впадинах между зубьями.

Когда сечение опилок начинает превышать уширение зуба на сторону, большая часть опилок остается между зубьями. Скапливаясь в ограниченном пространстве, они требуют больших сил со стороны передней грани для проталкивания новых порций стружек и, в свою очередь, с большими силами давят на стенки пропила. С увеличением высоты пропила эти силы растут, что неизбежно должно сказаться на шероховатости пластей.

Список литературы

1. Ребезнюк, И. Т. Динамика механизма резания горизонтального ленточнопильного станка / И. Т. Ребезнюк, Л. Ф. Дзюба, О. В. Меньшикова // Надежность и долговечность механизмов, элементов конструкций и биомеханических систем: междунар. Науч.-техн. Конф. / Вестник СевНТУ. – Севастополь, 2007. – С. 41 – 43.
2. Воскресенский, С.А. Теория и расчеты процессов резания древесины: дисс. ... д-ра техн. наук / С.А. Воскресенский; ЛТА им. Кирова.– М., 1959.– 580 с.
3. Ивановский, Е.Г. Резание древесины / Е.Г. Ивановский. – М.: Лесная промышленность.– 1974. – 200 с.

4. Поддубная, Л.В. Исследование шероховатости поверхности пиломатериалов при пилении ленточными пилами: дисс. ... канд. техн. наук / Л.В. Поддубная. – Химки.: 1977. – 245 с.
5. Фонкин, В.Ф. Конструкция и эксплуатация современных лесопильных рам, ленточнопильных и круглопильных станков для распиловки бревен / В.Ф. Фонкин.– М.: Лесн. пром-сть, 1966.–218 с.

References

1. Rebeznyuk, IT Dynamics of the cutting mechanism of a horizontal band saw machine / IT Rebeznyuk, LF Dzyuba, OV Menshikova // Reliability and durability of mechanisms, structural elements and biomechanical systems: international. Scientific and technical conf. / Bulletin of SevNTU. – Sevastopol, 2007 .–S. 41 – 43.
2. Voskresensky, S.A. Theory and calculations of wood cutting processes: Diss doct. Tech. Sciences / S.A. Resurrection; LTA them. Kirov. – M., 1959. – 580 p.
3. Ivanovsky, E.G. Cutting wood / EG. Ivanovsky. – M .: Forest industry. – 1974. – 200 p.
4. Poddubnaya, L.V. Investigation of the surface roughness of sawn timber when sawing with band saws: Diss. ... Candidate of Engineering Sciences / L.V. Poddubnaya. – Khimki .: 1977 .–245 p.
5. Fonkin, V.F. Construction and operation of modern sawing frames, band saws and circular sawing machines for sawing logs / V.F. Fonkin. – M .: Lesn. Prom – st, 1966. – 218 p.