

впадин зубьев и шероховатости поверхности пропила, установленная мощность механизма резания используется неполностью, и нормальная составляющая силы сопротивления резанию P_n будет меньше, чем в случае полного использования этой мощности. Для не полностью используемой мощности механизма резания скорость резания, определенная из условий (8), не будет оптимальной, но обеспечит больший запас устойчивости, чем в случае полного использования этой мощности.

Выводы

1. Расчеты, проведенные с использованием энергетического метода, подтвердили, что скорость резания оказывает существенное влияние на устойчивость ленточных пил. Это необходимо учитывать при расчете режимов пиления.

2. Существует минимальная критическая скорость резания, при достижении которой ленточная пила теряет устойчивость.

3. При конструировании и расчете ленточнопильных станков необходимо учитывать, что существует оптимальная скорость резания, обеспечивающая наибольший запас устойчивости пилы при полном использовании мощности механизма резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Веселков В. И. Теория и конструкция ленточнопильных станков // Учеб. пособие.— Архангельск: АЛТИ, 1992.— 84 с. [2]. Прокофьев Г. Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами.— М.: Лесн. пром-сть, 1990.— 240 с. [3]. Стахийев Ю. М., Ершов С. В., Макаров В. В. О согласовании степени проковки (вальцевания) с частотой вращения круглой пилы // Лесн. журн.— 1988.— № 6.— С. 59—64.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Тимошенко С. П. Сопротивление материалов. Т. 2.— М.: Наука, 1965.— 480 с. [5]. Тимошенко С. П. Устойчивость упругих систем.— М.: Гостехтеориздат, 1955.— 567 с. [6]. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление.— М.: Наука, 1969.— 423 с. [7]. Юрченко С. К. Об устойчивости полотен ленточных пил // Процессы резания, оборудование и автоматизация процессов деревообработки: Науч. тр. МЛТИ.— М.: МЛТИ, 1987.— Вып. 191.— С. 85—89.

Поступила 8 ноября 1994 г.

УДК 674.05 : 621.93.024.7

С. В. ЕРШОВ, Ю. М. СТАХИЕВ

Архангельский государственный технический университет

ЦНИИМОД

О ПОДНУТРЕНИИ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (ГРАНЕЙ) ЗУБЬЕВ КРУГЛЫХ ПИЛ, ОСНАЩЕННЫХ ИЗНОСОСТОЙКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Дан обзор методов заточки боковых поверхностей зубьев круглых пил. Приведены нетрадиционные методы заточки, формулы для расчета углов поднутрения и рекомендации по их назначению при распиловке древесины.

A review of circular saws' lateral teeth edges' sharpening methods has been given. The unconventional sharpening techniques, formulas for calculation of undercutting angles and recommendations on their function in sawing timber are presented.

Ввиду дефицита серийно выпускаемых пил с пластинами твердого сплава по ГОСТ 9769—79, а также для сокращения расхода стальных пил по ГОСТ 980—80, лесопильно-деревообрабатывающие и мебельные

предприятия создают специальные участки по оснащению зубьев пил износостойкими материалами (твердый сплав, стеллит, быстрорежущая сталь). При этом необходимо решать задачи выбора угловых параметров, способов и технических средств для поднутрения боковых поверхностей (граней) зубьев после их оснащения.

Цель статьи — обобщить и проанализировать накопленный в данной области опыт, что позволит в каждом конкретном случае принимать наиболее эффективное решение и выполнять его с наименьшими затратами.

Углы поднутрения. Различают продольный λ , поперечный α_1 (относительно пластинки оснащения), а также соответствующие им радиальный φ и тангентальный τ (относительно положения пластинки на пиле) углы поднутрения (рис. 1).

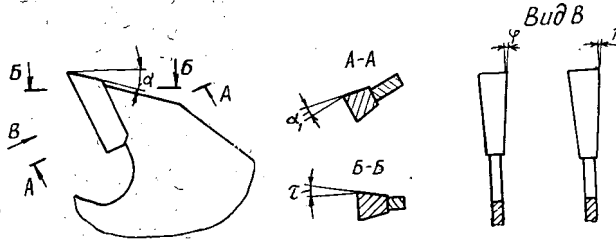


Рис. 1. Углы поднутрения боковых поверхностей (граней) зуба

Они связаны между собой следующими зависимостями: продольный и радиальный

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \lambda / \cos \gamma; \quad (1)$$

поперечный и тангентальный

$$\operatorname{tg} \tau = \sin \gamma \operatorname{tg} \lambda + \cos \gamma \operatorname{tg} \alpha_1. \quad (2)$$

Максимально возможная величина углов поднутрения определяется из выражения [3]

$$l_n \operatorname{tg} \lambda + h_n \operatorname{tg} \alpha_1 = S_0 - S_1, \quad (3)$$

где l_n и h_n — длина и толщина пластинки;

S_0 — уширение зубьев на одну сторону;

S_1 — минимально необходимое возвышение боковой грани торца пластинки над плоскостью пилы.

Рекомендуемые углы поднутрения зубьев приведены в таблице.

В рекламных проспектах зарубежных фирм наиболее часто приводят значения тангентальных и радиальных углов поднутрения, хотя на станках обычно задают поперечный и продольный углы, что указывает на необходимость упорядочения используемой терминологии.

Назначение поднутрения. Поднутрение способствует движению пилы в пропиле без повышенного трения. При выполнении этой операции обеспечиваются заданная величина уширения зубьев на сторону и его равномерное отклонение на обе стороны на 0,025 мм. Если уширение на одну сторону больше, то при пилении можно наблюдать отклонение пилы в сторону большего уширения.

Наибольшие углы поднутрения характерны для распиловки влажной древесины мягких пород, имеющей повышенную величину упругого восстановления волокон. Уменьшение одного угла поднутрения (например, радиального) компенсируют увеличением другого (тангентально-

Оснащение зубьев пилы (источник информации)	Материал (технологическая операция)	λ	град	
			φ	α ₁
Пластинки твердого сплава (ГОСТ 9769—79) То же [3]	Древесные материалы, древесина (раскрой пиломатериалов и плит)	—	1,5...2,0	2,5...3,0
	Древесина (раскрой и обрезка пиломатериалов на многопильных и обрезных станках)	1,5...2,5	—	3,0...5,0
Наплавка стеллита (РПИ 9.1-00)	Древесина (раскрой пиловочного сырья в лесопильном производстве)	1,0...3,0*	1,0...3,0*	1,0...3,0*
Пластинки твердого сплава или наплавка стеллита [5] То же [5]	Древесина (раскрой брусьев на многопильных станках)	—	0,0...2,0	2,0...5,0
	Древесина (торцовка пиломатериалов)	—	1,0...3,0	1,0...3,0

* Меньшие значения показателя относятся к твердой и мерзлой древесине.

го). Дополнительные требования при этом — обеспечение наибольшего ресурса использования оснащенного зуба и максимальное восстановление его режущей способности. Например, согласно технологическому режиму РПИ 9.1-00, при значении радиального угла поднутрения, равного 3°, уменьшение уширения зубьев при переточках составляет 0,05 мм на 1 мм высоты зуба. При характерных у пил для распиловки бревен и брусьев начальном (0,9 мм) и конечном (0,7 мм) уширениях зубьев величина допустимого стачивания зубьев по высоте — 4 мм. Тогда, с учетом нормативной величины стачивания зубьев по высоте за одну переточку (0,4 мм), возможное число переточек при одном оснащении зуба будет равно 10.

В процессе пиления происходит износ боковых поверхностей оснащенного зуба и снижение его режущей способности. Негативное влия-

ние износа снижается с увеличением тангентального угла поднутрения, который при продольной распиловке бревен и брусьев составляет не менее $2...3^\circ$ [3, 5]. Для более полного восстановления режущей способности пил рекомендуется вести заточку зубьев преимущественно по передней грани. Эффект повышения режущей способности достигается при введении косой заточки по передней грани до 12° [3].

В промышленности известно большое количество технических средств боковой заточки зубьев, оснащенных износостойкими материалами, для проведения одно- и двухсторонней одновременной обработки; для обработки периферией или торцом круга (рис. 2); для выполнения работ на универсальных и специализированных станках и т. д.

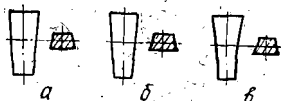


Рис. 2. Формы боковых поверхностей зуба при обработке торцом (а) и периферией (б, в) круга

Одностороннее поднутрение. Устройства для односторонней обработки используют преимущественно при небольших объемах работ по подготовке пил и отсутствии у предприятий средств на приобретение специализированных станков для одновременного двухстороннего поднутрения. На рис. 3 приведена схема положения пилы и шлифовального круга при боковой заточке на универсально-заточных станках (ЗЕ 642 и др.) с использованием приспособления ПИ 80 конструкции ЦНИИМОДа. По такой схеме можно обрабатывать пилы, оснащенные пластинками твердого сплава и наплавленные стеллитом.

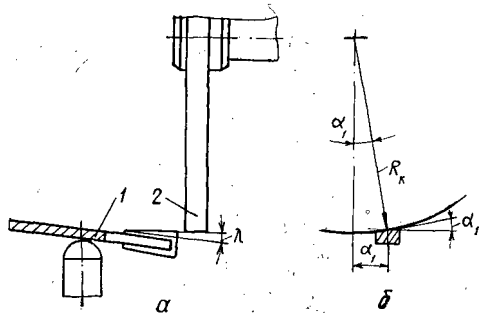


Рис. 3. Схема установки пилы и шлифовального круга при формировании продольного λ (а) и поперечного α_1 (б) углов поднутрения с использованием приспособления ПИ 80: 1 — пила; 2 — круг

Приспособление ПИ 80 устанавливается на стол заточного станка в исходном положении, штанга приспособления перпендикулярна продольному ходу стола. Затем штангу поворачивают на угол, равный переднему углу зубьев пилы, и закрепляют поворотный диск. Корпус приспособления наклоняют на угол, соответствующий продольному углу поднутрения боковых граней. Пилу закрепляют в приспособлении. Стол станка устанавливают так, чтобы расстояние между вертикалью, проходящей через ось шлифовального круга, и серединой боковой поверхности (грани) затачиваемого зуба $a_1 = 0,5 D_k \sin \alpha_1$ (где D_k — диаметр шлифовального круга), и застопоривают упорами. Подводят круг до соприкосновения с боковой поверхностью вершины пластинки, задают подачу на врезание и с помощью маховичка поперечной подачи делают двойной проход. Затем проверяют уширение зуба. По данной технологии поочередно обрабатывают все зубья сначала с одной; затем с другой стороны пилы.

Для осуществления этого способа поднутрения требуются сравнительно дорогостоящие универсально-заточные станки, которые имеются не на всех лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях, поэтому создаются специализированные устройства. Фирма «Фольмер» серийно выпускает простые по конструкции устройства СННФ 20Н, СННФ 21Н для одностороннего поднутрения зубьев круглых пил периферией круга по схеме, приведенной на рис. 3. Оба устройства в настольном исполнении, причем устройство СННФ 21Н оснащено приспособлением для мокрой заточки. Аналогичный станок марки ТчБК выпускает Кировский станкозавод.

На АО «Лесозавод-2» (г. Архангельск) с 1980 г. используют специализированное устройство для одностороннего бокового поднутрения зубьев, оснащенных стеллитом или пластинками твердого сплава. Принципиальная схема положения шлифовального круга и обрабатываемого зуба приведена на рис. 4. Шпиндель круга имеет ось качания, которая перпендикулярна горизонтальной плоскости и обеспечивает разворот в ней оси шпинделя. Ось качания шпинделя расположена на расстоянии 50 мм как от середины толщины круга, так и от оси шпинделя. Пилу устанавливают таким образом, чтобы в исходном положении плоскость круга с передней поверхностью (гранью) зуба составила 60° (при переднем угле зубьев 30°), а нижняя точка круга находилась вблизи нижнего торца пластинки.

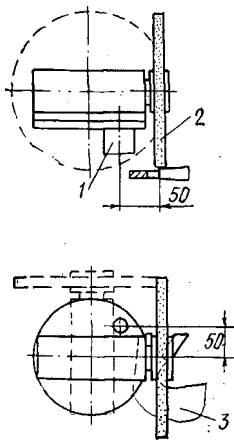


Рис. 4. Схема боковой обработки зуба на устройстве конструкции Г. В. Паршева: 1 — ось качания круга; 2 — шлифовальный круг; 3 — обрабатываемый зуб пилы с пластинкой из твердого сплава

При повороте вращающегося шлифовального круга относительно оси качания шпинделя происходит формирование углов поднутрения. Для поднутрения зубьев с другой стороны пилы шпиндель необходимо развернуть на 90° (на рис. 4 это положение показано пунктиром), а кронштейн с осью для установки пилы переместить в соответствующую позицию. Продольный λ и поперечный α_1 углы поднутрения не одинаковы по длине пластинки и зависят от диаметра шлифовального круга.

ЦНИИМОДом предложена модернизация приспособления конструкции Г. В. Паршева, позволяющая исключить разворот шпинделя на 90° при поднутрении зубьев с противоположной стороны пилы. В этом приспособлении (рис. 5) ось качания шпинделя находится в плоскости, проходящей через середину шлифовального круга ($b = 0$), а необходимое значение продольного и поперечного углов поднутрения достигается положением пластинки, которое определяется координатами вершины пластинки (x_v, y_v) и углом ϑ , образуемым передней гранью пластинки с осью. При поднутрении зубьев с противоположной сторо-

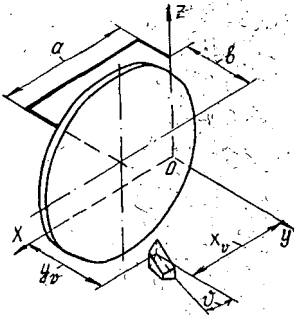


Рис. 5. Расчетная схема устройства конструкции ЦНИИМОД для одностороннего поднутрения оснащенных стеллитом зубьев

ны положение оси для установки пилы меняется на симметричное относительно оси X .

Углы поднутрения (в градусах) можно определить по следующим формулам:

$$\lambda = \arctg [2(a - \sqrt{x^2 + y^2})(y \cos v + x \sin v) / (D_k \sqrt{x^2 + y^2})]; \quad (4)$$

$$\alpha_1 = \arctg [2(a - \sqrt{x^2 + y^2})(-y \sin v + x \cos v) / (D_k \sqrt{x^2 + y^2})], \quad (5)$$

где a — расстояние от оси качания до оси вращения круга;
 x, y — координаты точки на боковой поверхности пластинки, в которой определяют углы поднутрения.

Минимальную величину уширения зубьев, которую можно обеспечить данным методом без касания круга о диск пилы, находим по формуле

$$S_0^{\min} = (a - \sqrt{x_v^2 + y_v^2})^2 / D_k. \quad (6)$$

При качании относительно оси Z шлифовальный круг описывает тороидальную поверхность, поэтому углы поднутрения на боковой поверхности пластинки не являются постоянными. Их величина зависит от D_k, a и параметров x_v, y_v, v , характеризующих положение пластинки. Другие способы одностороннего бокового поднутрения зубьев рассмотрены в работах [2, 4].

Двухстороннее поднутрение. При больших объемах работ по подготовке пил используют станки для одновременного двухстороннего поднутрения зубьев.

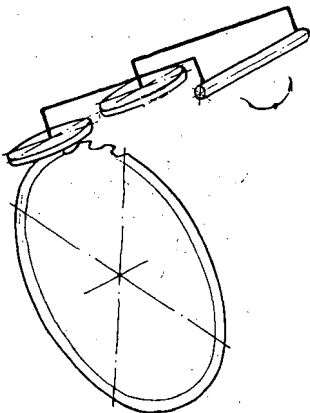


Рис. 6. Схема шлифования боковых поверхностей зуба в станке ТчПБ-2

Кировский станкостроительный завод с 1988 г. серийно выпускает полуавтомат ТчПБ-2 для заточки боковых поверхностей (граней) рамных, круглых и ленточных пил, наплавленных стеллитом (рис. 6). Диаметр подготавливаемых пил 180...1250 мм; производительность 16, 24 и 35 зуб./мин; мощность электродвигателей 1,5 кВт; масса станка 670 кг; пределы регулирования углов поднутрения (продольного и поперечного) 0...7°; диаметр шлифовальных кругов 80...125 мм; число проходов при боковой заточке пилы 1—2; цена деления лимбов вращения шлифовальных кругов 0,02 мм.

С 1992 г. завод выпускает установочную серию станков ТчПКБ для боковой заточки зубьев твердосплавных круглых пил. Диаметр пил до 630 мм; производительность 15 зуб./мин; мощность электродвигателей 1,6 кВт; масса станка 400 кг. Используются алмазные круги.

СибНИИЛП разработал и выпускает станок ПАС-2М для боковой заточки наплавленных стеллитом зубьев чашечными кругами. (Более полная информация о станках ТчПБ, ПАС-2М приведена в работе [1].)

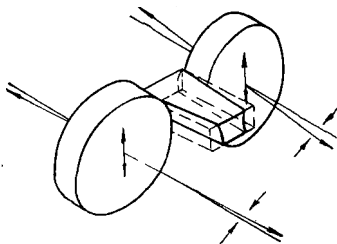
Фирма «Vollmer» (ФРГ) выпускает станки EMSE 80U и OF 20P для заточки зубьев пил по боковым поверхностям после наплавки стеллитом или оснащения пластинками твердого сплава.

Станок EMSE 80U по схеме обработки близок к станку ТчПБ-2. Диаметр подготавливаемых пил 180...1250 мм; производительность 13 и 26 зуб./мин; общая установленная мощность электродвигателей 2 кВт; масса 376 кг. При обработке оснащенных стеллитом зубьев используются шлифовальные круги чашечной формы диаметром 80 мм, а при обработке твердосплавных пластинок — алмазные круги. Углы поднутрения могут настраиваться в пределах 0...10°.

Схема боковой обработки в станке QF 20P приведена на рис. 7. Станок тяжелого типа и предназначен в основном для заводов-изготовителей пил. Диаметр подготавливаемых пил 150...180 мм; общая установленная мощность электродвигателей 9,1 кВт; масса 2400 кг; габаритные размеры 2350 × 1795 × 2000 мм. Используются алмазные круги диаметром 125 мм. Тангентальный угол поднутрения можно настраивать в пределах до 5°, радиальный — от -10 до +6°. Заточка мокрая. Станок обеспечивает также выполнение некоторых дополнительных операций.

Фирма «Тенрю Соу» (Япония) выпускает для двухсторонней боковой заточки наплавленных стеллитом зубьев автоматический станок типа TE-10P SSXD. Мощность каждого электродвигателя шлифовального круга 0,2 кВт; частота вращения круга 2840 мин⁻¹; мощность электродвигателя механизма подачи 0,2 кВт; производительность 0...40 зуб./мин; масса станка 300 кг. Используются шлифовальные круги чашечного типа с размерами 125 × 50 × 15,9 мм. Углы поднутрения можно настраивать в пределах 0...20°.

Рис. 7. Схема боковой обработки твердосплавной пластинки зуба в станке QF 20P



Особое место среди станков для бокового поднутрения зубьев с двух сторон занимает разработанный фирмой «Armstrong» (США) станок тяжелого типа Equalizer № 90 для обработки пил, наплавленных стеллитом. Его производительность 20 зуб./мин, при съеме припуска за один проход — 2 зуб./мин; общая установленная мощность двух электродвигателей 4,42 кВт; частота вращения эльборовых шлифовальных кругов 6000 мин^{-1} . Возможны сухое и мокрое шлифование. С помощью встроенных установочных калибров обеспечивается быстрая установка пилы по высоте и настройка радиальных ($0 \dots 5^\circ$) и тангентальных ($0 \dots 10^\circ$) углов поднутрения. Имеется цифровая индикация положения шлифовального круга с точностью 0,001 мм. Подача пилы производится с помощью пальцевого механизма, имеющего плавную остановку. Столик для зажима пилы имеет длину 300 и высоту 75 мм. При перемещении пилы осуществляется небольшой прижим плит столика, а после остановки и в процессе заточки — полный их прижим.

Выводы

1. В технической литературе, рекламных проспектах на оборудование следует четко различать продольный, поперечный и соответствующие им радиальный, тангентальный углы поднутрения зубьев.

2. При заточке зубьев по боковым поверхностям используют шлифование торцом круга (с образованием плоских поверхностей), периферией круга при прямолинейном перемещении (с образованием цилиндрических поверхностей) или качении (с образованием тороидальных поверхностей).

3. Выпускаемые на отечественных заводах станки для одновременного поднутрения зубьев с двух сторон часто бывают загружены на 10...20%. Рекомендуется шире использовать простые по конструкции, недорогостоящие устройства для поднутрения зубьев с одной стороны, например станок ТчБК Кировского станкозавода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

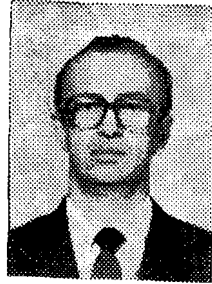
- [1]. Конструкции, настройка и эксплуатация оборудования для подготовки и заточки дереворежущего инструмента / Под общ. ред. Д. С. Рожкова. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 248 с. [2]. Рациональный способ заточки дисковых пил по боковым граням / Д. И. Севастеев, Б. Б. Каменев, В. Ф. Антонов, М. М. Гофер // Станки и инструменты деревообраб. производств: Межвуз. сб. науч. тр. — Л.: ЛТА, 1990. — С. 22—25. [3]. Руководящие технические материалы по применению круглых пил с пластинками твердого сплава в лесопильном производстве. — Архангельск: ЦНИИМОД, 1979. — 66 с. [4]. Шевченко А. И., Пашков В. К. Приспособление для заточки твердосплавных пил по боковым поверхностям зубьев // Деревообраб. пром-сть. — 1988. — № 7. — С. 14—15. [5]. Hewitt J. Stellite and carbide filer's handbook. — Armstrong, 1986. — 125 p.

Поступила 13 октября 1994 г.

УДК 674.053 : 621.935

Г. Ф. ПРОКОФЬЕВ

Прокофьев Геннадий Федорович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, чл.-кор. АЕН РФ, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики Архангельского государственного технического университета. Имеет более 150 печатных работ в области прикладной механики и интенсификации переработки древесины путем совершенствования лесопильного оборудования и дереворежущего инструмента.



НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ

Показаны направления значительного повышения устойчивости пил и точности пиления за счет изменения конструкций ленточнопильных станков. Выполнены расчеты критической силы ленточной пилы, а также даны рекомендации по совершенствованию ленточнопильных станков.

The ways of significant raising of saws stability and cutting precision subject to modification of bandsawing machines have been revealed. The calculations of band saws' critical load have been made as well as recommendations on bandsawing machines' improvement have been given.

Ленточнопильные станки имеют преимущества перед другими видами лесопильного оборудования. К таким преимуществам относятся следующие: малая ширина пропила, высокое качество поверхности обрабатываемого материала, отсутствие больших сил инерции в узлах станка, малые энергозатраты. Вместе с отмеченными преимуществами им присущи и существенные недостатки: низкая точность пиления при больших скоростях подачи, малая долговечность пил, большие габарит и металлоемкость, высокий уровень шума. Первый недостаток наиболее существенен, поэтому вопросам повышения устойчивости ленточных пил уделяется большое внимание отечественными и зарубежными исследователями.

Ленточные пилы в зоне резания представляют собой тонкую стальную полосу, имеющую сравнительно небольшое натяжение, поэтому вопросы повышения их устойчивости, и следовательно, точность пиления имеют большое значение.

Цель работы — показать пути повышения устойчивости ленточных пил за счет уменьшения их свободных длин в плоскостях наибольшей и наименьшей жесткости и на основании расчетов дать рекомендации по совершенствованию ленточнопильных станков.

У ленточнопильных станков без контактных направляющих свободные длины пилы в плоскости наибольшей L и наименьшей l жесткости равны расстоянию между осями шкивов (рис. 1, а):