

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

ОСНОВЫ ЛЕНТОЧНОГО ПИЛЕНИЯ И СТАНКИ

Учебно-методическое пособие
для лабораторных работ

Под редакцией Э. М. Дечко, Ю. Р. Маркевича

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области машиностроительного оборудования
и технологий*

М и н с к
Б Н Т У
2 0 1 4

УДК 621.935 (076.5) (075.8)
ББК 34.7я7
О-75

А в т о р ы :

*Ю. Р. Маркевич, С. В. Сизов,
А. М. Якимович, Э. М. Дечко*

Р е ц е н з е н т ы :

Ж. А. Мрочек, М. Л. Хейфец

Основы ленточного пиления и станки : учебно-методическое
О-75 пособие для лабораторных работ / Ю. Р. Маркевич [и др.] ; под ред.
Э. М. Дечко, Ю. Р. Маркевича. – Минск : БНТУ, 2014. – 80 с.
ISBN 978-985-550-335-5.

В пособии для лабораторных работ приведено описание современных ленточно-пильных станков, конструкций ленточных пил и рекомендации по расчету режимов резания на заготовительных операциях при порезке заготовок из различных марок сталей, чугунов и цветных металлов.

Пособие предназначено для студентов машиностроительных специальностей технических вузов, может использоваться также технологами и конструкторами.

УДК 621.935 (076.5) (075.8)
ББК 34.7я7

ISBN 978-985-550-335-5

© Белорусский национальный
технический университет, 2014

Содержание

Введение	5
Преимущества ленточного пиления	7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ТИПЫ, МАТЕРИАЛЫ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ	11
1.1 Цель лабораторной работы	11
1.2 Последовательность (алгоритм) выполнения работы	11
1.3 Типы, материалы и свойства ленточных пил	11
1.4 Конструктивные и геометрические параметры ленточных пил	16
1.4.1 Выбор шага зубьев	19
1.4.2 Формы зубьев	22
1.4.3 Разводка зубьев	24
1.4.4 Рекомендации фирмы ВАНСО по применению ленточных пил	27
1.5 Вопросы к защите лабораторной работы	31
1.6 Форма отчета	31
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ТЕРМИНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕНТОЧНОГО ПИЛЕНИЯ.....	32
2.1 Цель лабораторной работы	32
2.2 Последовательность (алгоритм) выполнения работы	32
2.3 Основные термины и определения технологии процесса пиления.....	32
2.4 Влияние различных факторов на величину подачи	37
2.5 Стойкость ленточных пил	38
2.6 Производительность процесса пиления [Q]	39
2.7 Смазывающе-охлаждающие жидкостей [1, 5].....	42
2.8 Схемы укладки и закрепления заготовок в тисках станков	44
2.9 Наладка длины заготовки для пиления под углом	45
2.10 Режимы резания для различных условий пиления [1]	47
2.11 Обрабатываемость материалов	53
2.12 Вопросы к защите лабораторной работы лабораторной работы	55
2.13 Форма отчета	55

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫЙ СТАНОК МЕВАСWING 230 G	56
3.1 НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТАНКОВ	56
3.2 КОМПОНОВКА, ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА .58	
3.2.1 <i>Основные конструктивные элементы станка</i>	58
3.3 ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНКА МОДЕЛИ МЕВАСWING 230 G.....	60
3.4 ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ.....	60
3.5 ПРИНЦИП РАБОТЫ СТАНКА	60
3.6 ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И МЕХАНИЗМЫ СТАНКА.....	62
3.6.1 <i>Пильный узел</i>	62
3.6.2 <i>Шкивы и направляющие ленточных пил</i>	62
3.6.3 <i>Ленточнопротяжный механизм натяжной</i>	65
3.6.4 <i>Механизм подачи станка</i>	67
3.6.5 <i>Направляющие</i>	69
3.6.6 <i>Система удаления стружки</i>	73
3.6.7 <i>Тиски и крепление заготовок</i>	74
3.7 СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	77
3.8 ВОПРОСЫ К ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	78
3.9 ФОРМА ОТЧЕТА	78
Литература	80

Введение

На современных заготовительных производствах около 80 % заготовок разрезают при помощи ленточнопильных технологий, которые относятся к высокотехнологичным, высокопроизводительным энерго- и ресурсосберегающим процессам. Ленточнопильные технологии охватывают широкий диапазон размеров сечений заготовок – от листов толщиной 0,5 мм до проката в 1,5 м. Процесс резки прост в эксплуатации и его легко автоматизировать. Обрабатываются стальные блоки, сортовой прокат, труднообрабатываемые стали, сплавы на основе никеля и титана, цветные металлы и их сплавы, гранит, бетон и другие материалы различных форм и размеров.

Производители ленточнопильных станков – это фирмы Amada, (Japan); Do ALL, USA; Forte, Behringer, Kasto, Meba Metall-Bandsagemaschinen GmbH, Klager (Germany); FMB, CARIF (Италия); PEGAS; Pilous, Bomar, (Чехия), BeKa-mak, UZAY MAKINA (Турция) и др.. Производители ленточных пил – это Amada, Do All, WIKUS, Arntz, Wespa, RONTGEN, ВАНСО и др. Отличительная особенность процессов пиления – это высокая производительность, точность и чистота реза, экономя материала за счет уменьшения ширины пропила.

Существующие станки и ленточные пилы обеспечивают различные потребности резки: контурное пиление, отрезка под углами, резка пакетов заготовок различного профиля. Площади поперечного сечения заготовок могут достигать более метра, при этом ленточное пиление обеспечивает минимальное отклонение реза от перпендикулярности.

Фирма «ВИ-МЕНС», Минск, внедряет в Республике Беларусь современное высокопроизводительное ленточнопильное оборудование и инструмент в различных отраслях промышленности: машиностроение, металлургия, автомобилестроение, строительство и участвует в учебном процессе на машиностроительном факультете БНТУ при подготовке инженеров по специальностям «Технологическое оборудование машиностроительного производства», «Технология машиностроения» и «Автоматизация технологических процессов и производств».

Партнеры «ВИ-МЕНС»:

– фирма WIKUS, Германия, производитель ленточных пил;

- фирма МЕВА, Германия, завод ленточнопильных станков;
- корпорация Peddinghaus, США, выпускающая промышленные установки для обработки металлоконструкций и листового металла.

Производственная программа станков фирмы МЕВА, варианты нормальной и консольной компоновки представлены на рис. 1., 2. Программа пил WIKUS имеет 1400 вариантов ленточных пил, что обеспечивает возможность выбора оптимальной конструкции режущего инструмента для конкретных условий производства.



Рис. 1. Производственная программа МЕВА

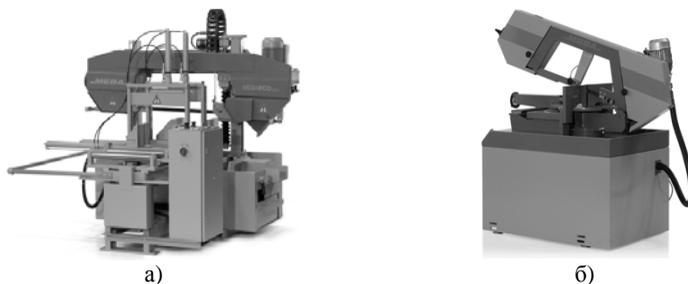


Рис. 2. Общий вид двухколонного (а) и консольного (б) ленточнопильных станков

Материалы режущей части пил: инструментальная сталь, биметалл, твердый сплав, алмазы. Скорости резания в зависимости от обрабатываемого материала и материала пилы составляют, например, для конструкционных сталей $v = 50 \dots 100$ м/мин; для нержавеющей сталей $v = 20 \dots 50$ м/мин; для алюминия $v = 80-120 \dots 1000-2500$ м/мин, ширина пильного реза – 1,6...3,2 мм.

Преимущества ленточного пиления

Применение технологий ленточного пиления обеспечивают следующие преимущества:

- возможность высокопроизводительной резки сталей, чугунов, труднообрабатываемых материалов, цветных металлов и сплавов;
- экономия материала заготовок – ширина пропила 2,5...4,0 мм;
- высокое качество реза – отклонение от прямолинейности до 1,5 мм/100мм;
- экономия потребляемой энергии – 1,5...15 кВт;
- повышение производительности труда;
- экологическая чистота процесса резания;
- повышение культуры производства.

Преимущества ленточного пиления представлены в расчетах машинного времени и стоимости одного реза для различных вариантов заготовительных операций, рис. 3, табл. № 1.

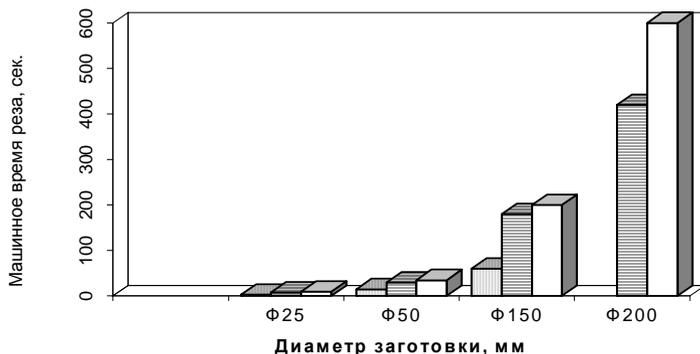


Рис. 3. Машинное время для различных способов резки:
▨ – абразивной; ▩ – ленточнопильной; □ – круглопильной

Таблица № 1. Суммарная стоимость одного реза (у.е./рез) при резке сталей различными методами

Диаметр заготовки d , мм	Дисковая пила			Ножовочная пила			Ленточнопильный станок		
	Конструкционная сталь	Легированная сталь	Нержавеющая сталь	Конструкционная сталь	Легированная сталь	Нержавеющая сталь	Конструкционная сталь	Легированная сталь	Нержавеющая сталь
10	0,006	0,007	0,017	0,013	0,015	0,022	0,014	0,018	0,023
30	0,008	0,04	0,120	0,03	0,05	0,10	0,03	0,04	0,09
40	0,05	0,07	0,270	0,05	0,07	0,17	0,05	0,06	0,14
80	0,80	0,28	1,26	0,19	0,30	0,85	0,15	0,18	0,54
150	0,74	1,06	4,86	0,63	1,03	3,03	0,69	0,82	2,18
200	~ 2,13	2,37	13,04	1,31	1,74	6,76	1,31	1,45	4,51

Одним из главных показателей экономичности пиления является ширина пропила. Для ленточных пил ширина пропила составляет 2...3 мм. При этом отклонения от перпендикулярности реза лежат в пределах 0,1-1,5мм, причем на протяжении 85 % срока службы пилы отклонения от перпендикулярности реза минимальные, и они плавно возрастают до максимума по мере затупления инструмента. Ширина пропила круглопильных станков составляет 7...14 мм, абразивно-отрезных – 4...5 мм при отклонениях от перпендикулярности реза до 3...7 мм. Кроме того, при разрезке заготовки абразивными кругами наблюдаются изменения в структуре металла. В связи с этим необходимо предусматривать большие припуски для последующей механической обработки заготовок, что увеличивает отходы металла в стружку. Уменьшение расхода металла в стружку и на припуски при разрезании ленточнопильным инструментом позволяют экономить значительное количество металла. Например, по сравнению с разрезкой дисковыми пилами разница в ширине и точ-

ности ленточнопильной резки экономит при разрезании 1000 заготовок $d = 100$ мм до 370 кг металла. Количество стружки возрастает пропорционально квадрату диаметра заготовки, для диаметра 200 мм – экономия составляет 1480 кг металла. Экономия металла при применении ленточных пил составляет 30% по сравнению, например, с пилами Геллера, где ширина пропила и отклонение от перпендикулярности составляют, соответственно, 8...15 и 2...4 мм. Производительность ленточных пил находится на одном уровне с лучшими образцами пил Геллера европейских производителей при сохранении всех параметров в течение периода стойкости инструмента. Кроме того, ленточное полотно не требует применения вспомогательного инструмента и оснастки заточного отделения, как для пил Геллера, или специальных систем вентиляции, как при резке абразивными кругами. Шероховатость поверхности при отрезании на ленточнопильных станках соответствует $Rz = 40...80$ мкм, а отсутствие заусенцев и высокая точность реза позволяют исключить технологическую операцию дополнительного торцевания и сократить припуски до минимума. Преимущества ленточного пиления, уменьшающего объемы стружки по сравнению с круглопильной и абразивной резкой, показаны на рис. 4.

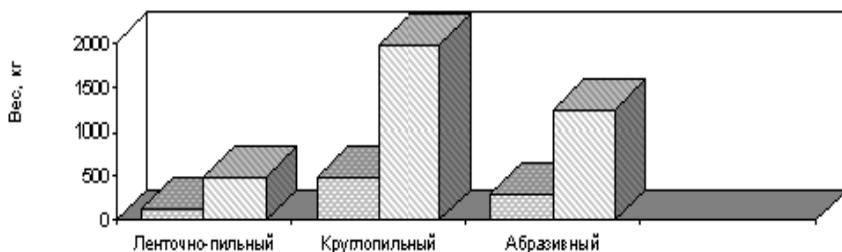


Рис. 4. Вес стружки при пилении различными методами 1000 заготовок:
 1 – ленточнопильная резка; 2 – круглопильная резка; 3 – абразивная резка;
 ■ – диаметр 100мм; □ – диаметр 200мм

Ленточнопильные станки отличаются малым энергопотреблением, что связано с небольшими усилиями резания из-за малых режущих поверхностей пилы. Станки для резки заготовки $d = 280$ мм

потребляют до 2 кВт электроэнергии, для резки заготовки $d = 400...500$ мм расход электроэнергии составляет до 5 кВт. Станки для резки заготовок с площадью поперечного сечения около 1 м^2 требуют 15 кВт. Расход мощности и электроэнергии при резке одной заготовки $d = 50$ мм из стали 40X различными способами приведены в табл. № 2.

Таблица № 2. Потребляемая мощность и расход энергии при обработке одной заготовки

Процесс обработки	Абразивный	Ленточно-пильный	Круглопильный
Потребляемая мощность, кВт	16	2.5	10.9
Время резания, сек	20	35	40
Количество электроэнергии, требуемое для одного реза, кВт	0.08	0.0243	0.1211

Преимущества ленточнопильной резки заготовок подтверждаются расчетом долевой стоимости инструмента в стоимости одного реза, табл. № 3.

Таблица № 3. Стоимость одной доли инструмента в одном резе

Вид инструмента	Стоимость инструмента, USD	Среднее количество отрезанных заготовок, шт		Стоимость доли инструмента в одном резе, USD		
		Ø50мм	Ø100мм	Ø50мм	Ø100 мм	
Абразивный круг	5.5	30	10	0.1833	0.5500	
	25x0.9	40.83	2160	663	0.0189	0.0616
Ленточная пила	32x1.1	68.0	2430	745	0.0278	0.0907
	40x1.3	83.0	2800	828	0.0296	0.1002
Сегментная пила	63	4000	1000	0.058	0.0603	

Лабораторная работа № 1

Типы, материалы, конструктивные и геометрические параметры ленточных пил

1.1 Цель лабораторной работы

Цель – закрепить теоретические знания о конструктивных особенностях ленточных пил различных типов, областей их применения и приобрести навыки их эскизирования.

1.2 Последовательность (алгоритм) выполнения работы

1. Получить методические материалы по лабораторной работе.
2. Ознакомиться с моделями ленточнопильных станков, конструкцией станка **MEBAswing 230G**, типами ленточных пил на плакатах и натуральных образцах.
3. Изучить инструкцию по технике безопасности при эксплуатации станка **MEBAswing 230G**.
4. Выбрать средства измерения конструктивных и геометрических параметров пил (штангельциркуль, микрометр, угломеры, инструментальный микроскоп).
5. Составить эскизы и измерить параметры образцов ленточных пил различных типов согласно заданию.
6. Выбрать схему крепления заготовок.

1.3 Типы, материалы и свойства ленточных пил

Ленточные пилы выпускаются следующих типов:

1. Ленточные пилы из высокоуглеродистой инструментальной стали.
2. Биметаллические ленточные пилы.
3. Твердосплавные ленточные пилы с напайной твердосплавной режущей частью.
4. Алмазные ленточные пилы.
5. Пилы с режущей кромкой из порошка карбида вольфрама.

Материалы режущей части ленточных пил [1]. Для ленточных пил применяют следующие виды материалов: инструментальные стали; быстрорежущие стали; твердый сплав; искусственные алмазы.

Ленточные пилы из инструментальной стали. Пилы изготавливаются из цельной полосы высококачественной легированной и закаленной углеродистой инструментальной стали. Закаленная режущая кромка и гибкая лента-основа обеспечивают высокое качество полотен. Твердость режущих кромок зубьев достигает 61...62 HRC. Пилы применяются, в основном, для пиления легированных сталей с низким пределом прочности, раскрытия композиционных материалов и для фрикционного пиления на специальных станках. Эти пилы наиболее часто используются для ремонтных работ.

Биметаллические ленточные пилы M42 (аналог – 45XГНМФА). Полотно-основа этих ленточных пил изготавливаются из упругой рессорно-пружинной стали. К полотну-основе методом электронно-лучевой сварки приваривается профильная проволока из быстрорежущей стали (HSS) и фрезеруется профиль зубьев пилы с последующей разводкой зубьев. После термообработки режущие кромки зубьев пилы имеют твердость 67... 69 HRC и обладают высокой износостойкостью и красностойкостью. Это позволяет успешно использовать биметаллические пилы для обработки до 90% сталей различных марок и сплавов, применяемых в промышленности. В зависимости от марки и состава быстрорежущей стали биметаллические пилы известных производителей делятся на два основных типа – M42 и M51.

Биметаллические ленточные пилы M51 (аналог 12P10M4K10), рис. 5. Более высокое содержание вольфрама увеличивает количество карбидов и повышает сопротивление абразивному износу, а высокое содержание кобальта увеличивает красностойкость режущей кромки до 620... 645 °С. Это позволяет применять данный инструмент для порезки высокопрочных, нержавеющей и жаропрочных сталей, в том числе и заготовок большого поперечного сечения и твердостью до 45HRC. Твердость режущей кромки 67...69 HRC. Стойкость такого ленточного полотна на 10-20% выше, чем пил с режущей кромкой из M42. Пружинное полотно основы обеспечивает необходимую жесткость для точного пиления. Полотно из легированной пружинной стали после закалки и отпуска имеет высокие прочностные характеристики, позволяющие пиле выдерживать многоцикловые знакопеременные нагрузки.

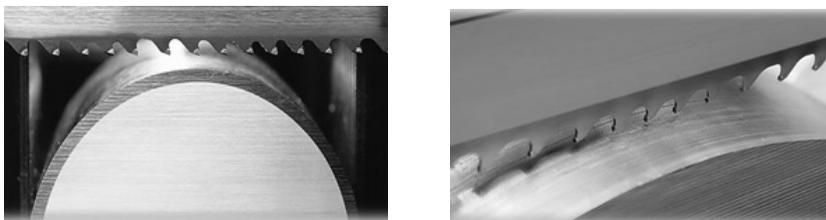


Рис. 5. Твердосплавные ленточные пилы

Твердосплавные ленточные пилы, рис. 5, 6. Данный инструмент рекомендуется применять для высокопроизводительного пиления труднообрабатываемых, жаропрочных и нержавеющей сталей и сплавов, титана, никеля и т.п. твердостью до 62 HRC. Геометрия зубьев, полученная специальным шлифованием и имеющих твердость режущих кромок до 1600...3800 HV, обеспечивают возможность пиления различных марок сталей и их сплавов. Такие пилы изготавливаются двух типов – с твердосплавными напайными пластинами, рис. 6, и с твердосплавной крошкой (сплошной или прерывистой), рис. 7.

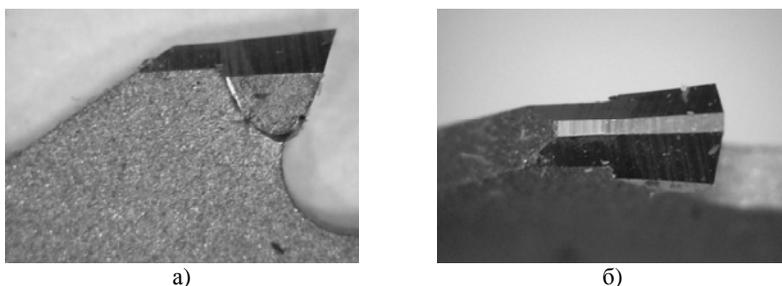


Рис. 6. Твердосплавные пилы: вид сбоку (а); вид сверху (б)

Алмазные ленточные пилы, рис. 7. Так как алмаз является самым твердым материалом в природе (твердость до 9000 HV), то он в состоянии пилить практически любые материалы, металлы и сплавы: алюминий с вкраплением твердых частиц, закаленные и хромированные стали, твердые сплавы, феррадо, закаленное стекло, мрамор, гранит, кварц, графит т.д.

DiagritU – алмазные ленточные пилы с прерывистым покрытием предназначены для пиления высокопрочных материалов и заготовок большого размера. Рекомендуемые скорости пиления до 1200 м/мин, в зависимости от материала. Алмазные ленточные пилы **WIKUS DiagritU** могут использоваться для обработки алюминия с вкраплениями частиц спеченного гранита, мрамора/гранита, моно- и поликристаллического кремния, кварца. Ленточные пилы **DiagritU** могут применяться для обработки следующих групп материалов: абразивные строительные материалы, стекло, стекловолокно, мрамор, кремний.



Рис. 7. Алмазные ленточные пилы

Материалы и свойства ленточных пил [1, 2]

Марки, химические составы легированных быстрорежущих сталей и биметаллических пил приведены в табл. № 4.

Таблица № 4. Химический состав материала режущих кромок биметаллических пил

Материал	C% углерод	Cr% хром	W% вольфрам	Mo% молибден	V% ванадий	Co% кобальт
Углеродистые стали 62-66 HRC	1,3	0,2				
Matrix	0,7	3,8	1,0	5,0	1,0	7,0
M 2	0,8	4,15	6,37	5,0	1,92	
M 42 68-69 HRC	1,1	4,0	1,5	9,3	1,1	7,9
M 51 (M71) 69 HRC	1,3	4,3	9,4	3,4	3,2	9,8

Микротвердость и теплостойкость зубьев ленточных пил в зависимости от материала режущей части пилы и расстояния от вершины зуба до дна канавки (впадины) изменяются в широких пределах, рис. 8.

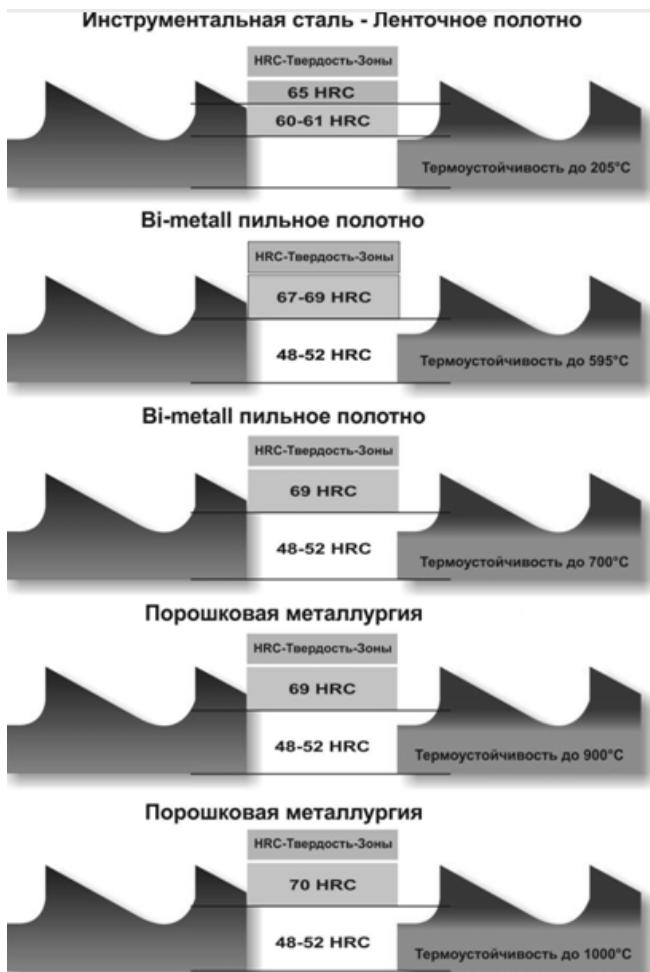


Рис. 8. Схема изменения микротвердости и допускаемой теплостойкости по высоте зуба и полотна пилы

Для пил из инструментальной стали ленточное полотно имеет уменьшение микротвердости по направлению от вершины зуба до междузубной впадины канавки от 67...69HRC до 60...61HRC при теплостойкости до 205 °С. Для биметаллических пильных полотен при твердости зуба 67...69HRC и полотна 48...52HRC теплостой-

кость составляет 595°C , а при твердости зуба 69HRC – теплостойкость 700°C . Пилы с твердым сплавом режущей части с твердостью 69...70HRC имеют теплостойкость до $900\text{...}1000^{\circ}\text{C}$ при твердости полотна 48...52HRC.

1.4 Конструктивные и геометрические параметры ленточных пил

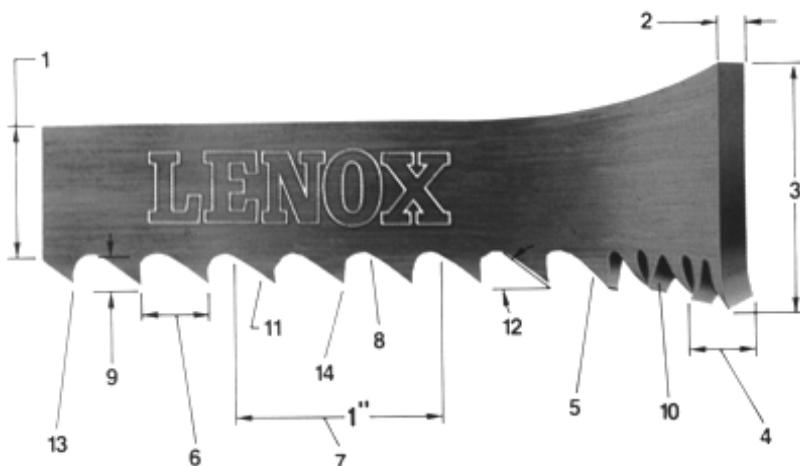


Рис. 9. Конструктивные параметры пилы

1. Размер полотна пилы без учета высоты зуба.
2. Толщина полотна.
3. Ширина полотна пилы с учетом высоты зуба.
4. Разводка зубьев пилы вправо-влево.
5. Зуб пилы.
6. Шаг зубьев.
7. Количество зубьев на один дюйм.
8. Радиус основания канавки.
9. Расстояние от вершины зуба до дна впадины канавки.
10. Передняя поверхность зуба.
11. Задняя поверхность зуба.
12. Задний угол зуба.
13. Передний угол зуба пилы.
14. Режущая кромка зуба пилы.

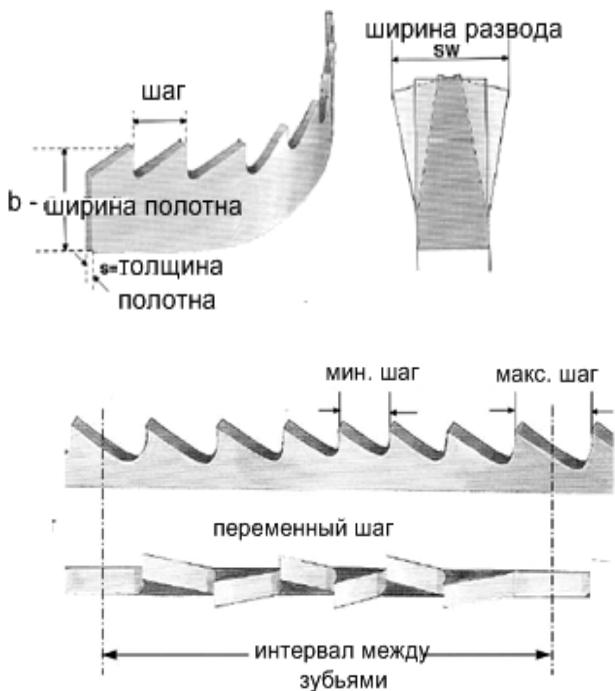


Рис. 10. Схема основных параметров пил: толщина полотна; ширина полотна; вид и ширина разводки; шаг и тип разводки

Ширина и толщина полотна для конкретных моделей станков, как правило, величина постоянная. Эти размеры приняты из типоразмеров выпускаемой стали “бирмингемского проката” и составляют следующий ряд: 10x0,9; 13x0,9; 20x0,9; 27x0,9; 34x1,1; 41x1,3; 54x1,6; 80x1,6 и др. С увеличением размеров полотна увеличиваются режущая способность пилы и ее жесткость.

Факторы, определяющие эффективность использования ленточных пил: формообразование стружки; конструкция зуба; скорость резания пилы; величина подачи; жесткость полотна; охлаждение; мощность и конструкция станка; обрабатываемый материал. Для эффективного процесса резания стружка должна удаляться максимально быстро. Схемы размещения стружек в канавках и возможные последствия при превышении допустимых объемов стружки в канавках представлены на рис. 12.

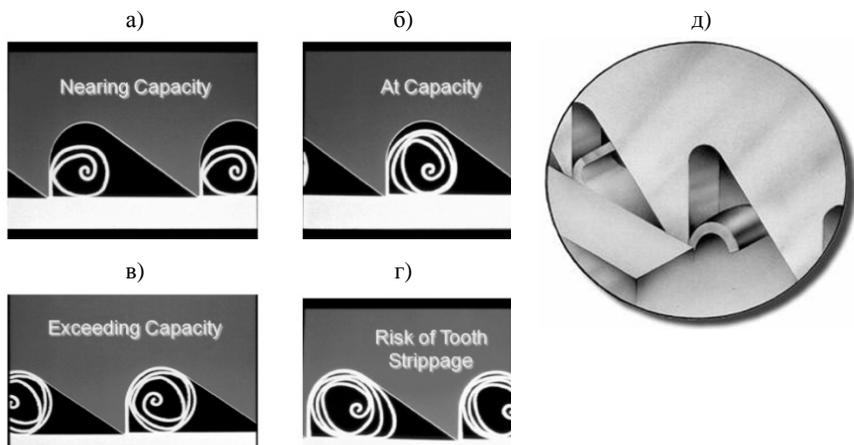


Рис. 11. Схемы размещения стружек в канавках:

- а – наилучшие размеры стружки в канавке;
- б – наибольшее заполнение канавки стружкой;
- в – максимально возможное заполнение канавки длинной стружкой;
- г – возможна поломка зуба при переполнении канавки стружкой;
- д – толщина стружки

При любом типе пил необходимо следить за удалением стружки после выхода полотна из заготовки. Если стружка не удаляется и заполнит межзубное пространство полотна, то это может привести к разрыву полотна и поломке зубьев. При автоматическом пилении на станки устанавливаются устройства для очистки полотна. Необходимо периодически проводить проверку работы данного компонента.

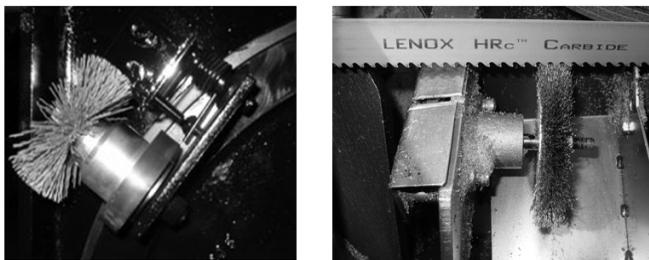


Рис. 12. Удаление стружки щетками

1.4.1 Выбор шага зубьев

Шаг зубьев. Шаг зубьев – это количество зубьев на 1 дюйм / TPI – Tooth Per Inch, ZPZ – немецкий стандарт. Шаг полотна может изменяться от 1 до 24 зубьев.

Выбор шага, формы зубьев, объемы стружечных канавок зависят от следующих факторов: свойств обрабатываемого материала; процесса стружкообразования; силовой и тепловой нагрузки на зуб; профиля заготовок (труба, уголок, тавр, двутавр и др.), размеров и состояния поверхности заготовок, параметров пильного полотна.

Тонкостенные обрабатываемые детали, например, трубы, трубки, листы и т.п., требуют пил с мелким шагом зубьев для исключения повреждения или разрушения зуба. Большие поперечные сечения следует резать пилой с крупным шагом, т.е. с меньшим числом зубьев на дюйм. Чем меньше зубьев вовлечено в обрабатываемую деталь, тем больше толщина среза. Нагрузка на каждый зуб выше, если давление подачи пилы приходится на меньшее количество зубьев в контакте с заготовкой. Крупный шаг (малое TPI) обеспечивает больший объем стружечной канавки, что позволяет увеличить производительность.

Пластичные материалы, например, алюминий, требуют больших объемов стружечных канавок. Большой шаг предотвращает скопление стружек между зубьями пилы и повреждение полотна, однако приводит к ухудшению качества распила (шероховатость).

Пилы с постоянным шагом зубьев и формой используются для резки цельных заготовок и пластичных материалов. Пилы с переменным шагом, имеющие периодически изменяющийся профиль впадины и шаг, обеспечивают некоторое снижение шума и вибраций при резании, используются для резки широкого диапазона размеров материалов.

Шаг зубьев зависит от ширины реза, при этом руководствуются следующими рекомендациями:

- в теле заготовки должно быть не менее 3 зубьев;
- оптимальное количество зубьев в теле заготовки 10...12;
- максимальное количество зубьев 22.

Известны общие рекомендации по выбору количества зубьев на рез исходя из обрабатываемости материалов [1]:

- для материалов нормальной обрабатываемости (в состоянии поставки) минимальное количество зубьев – 3; максимальное количество зубьев – 24; оптимальное количество зубьев – 6...12;

– для материалов повышенной твердости минимальное количество зубьев – 6; максимальное количество зубьев – 36; оптимальное количество зубьев – 12...24.

Рекомендации по выбору шага зубьев приведены в таблицах № 5, 6. [2]

Таблица № 5. Выбор шага зубьев ленточных пил для цельных заготовок

Стандартный зуб		Переменный зуб	
Ширина материала	Количество зубьев в дюйме	Ширина материала	Количество зубьев в дюйме
< 12mm	14 ZpZ. N	< 25mm	10/14 0°
12-30 mm	10 ZpZ. N	20-40 mm	8/12 0°
30-50 mm	8 ZpZ. N	25-70 mm	6/10 0°
50-80 mm	6 ZpZ. N	35-90 mm	5/8 ZpZ. 0°
80-100 mm	4 ZpZ. Kl.	50-100mm	4/6 ZpZ. pos.
110-200mm	3 ZpZ. Kl.	80-150mm	3/4 ZpZ. pos.
110-200mm	3 ZpZ. Kl.	120-350mm	2/3 ZpZ. pos.
200-400mm	2 ZpZ. Kl	250-600mm	1,33/ 2 ZpZ. pos
> 400mm	1,25 Kl	500-3000mm	0,75-1,25ZpZ. pos.

Таблица № 6. Выбор шага зубьев ленточных пил для профилей и труб

Толщина стенки	Диаметр						
	<40	80	100	150	200	300	500
3	8/12	8/12	8/12	8/12	6/10	6/10	6/10
8	8/12	6/10	6/10	5/8	4/6	4/6	3/4
12	6/10	5/8	5/8	4/6	4/6	4/6	3/4
15	5/8	4/6	4/6	4/6	3/4	3/4	2/3
20		4/6	4/6	3/4	3/4	3/4	2/3
30		3/4	3/4	3/4	2/3	2/3	2/3

Толщина стенки	Диаметр						
	<40	80	100	150	200	300	500
50				3/4	2/3	2/3	1,33/2
100					2/3	1,33/2	0,75/1,25
120					1,33/2	0,75/1,25	0,75/1,25

Передний угол

От переднего угла зависит режущая способность зубьев. Чем больше передний угол, тем меньше силы резания, меньше угол заострения зуба, однако большее количества тепла приходится на единицу массы зуба и в результате меньше его износостойкость. Биметаллические пилы имеют передние углы 0° , 10° , 15° . Современные способы изготовления зубьев позволяют получать различные передние углы в пределах секции переменного шага, рис. 13, 14.

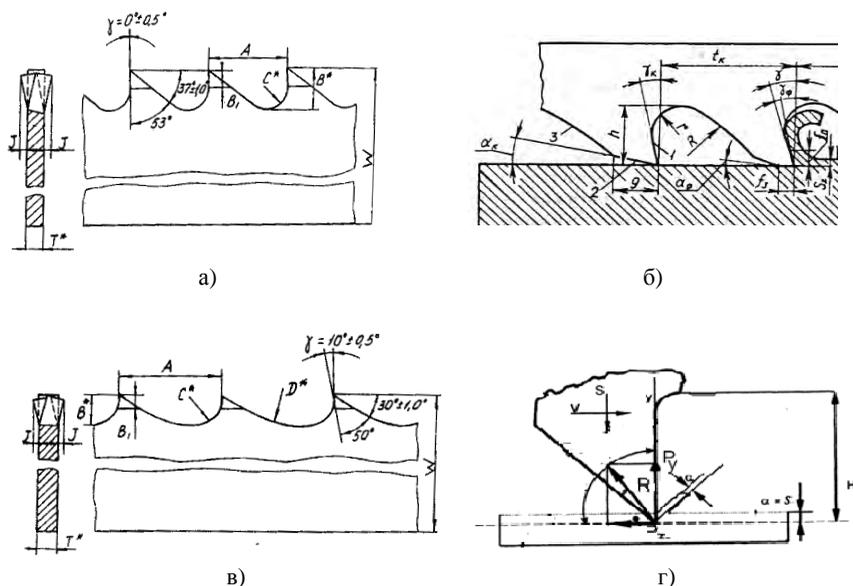


Рис. 13. Параметры зуба, стружечной канавки (а, б, в) и направления скорости резания V , подачи S и сил резания (г): P_z – сила резания; P_y – радиальная сила;

R – равнодействующая сила; δ – угол резания; H – высота зуба; α – толщина стружки

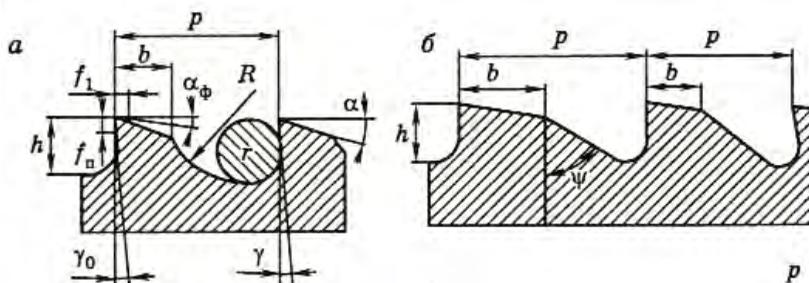


Рис. 14. Передний и задний углы зуба и формы канавок (междузубной впадины) между зубьями: а – двухрадиусная; б – двухугольная

1.4.2 Формы зубьев

Формы зубьев отличаются углами заточки и формами междузубной впадины (стружечной канавки), рис. 15–17.

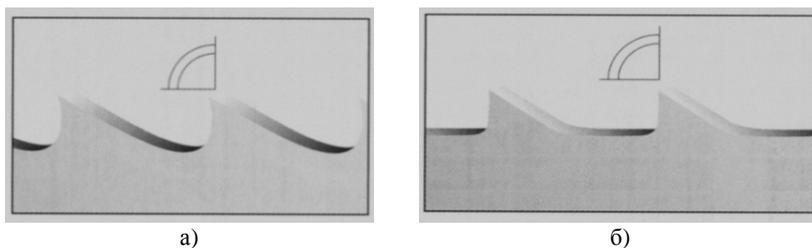


Рис. 15. Стандартный зуб (S) с углом заточки θ^0 (а) и зуб с увеличенным междузубным пространством (L) и углом заточки θ^0 (б)

Стандартный зуб (S) с углом заточки θ^0 (а) используется для материалов с образованием короткой стружки; сталей с высоким содержанием углерода; инструментальных сталей и чугунов; заготовок небольшого сечения; тонкостенных профилей.

Зуб с увеличенным междузубным пространством (L) и углом заточки θ^0 (б) используется для пиления мягких материалов: алюминий, древесина.

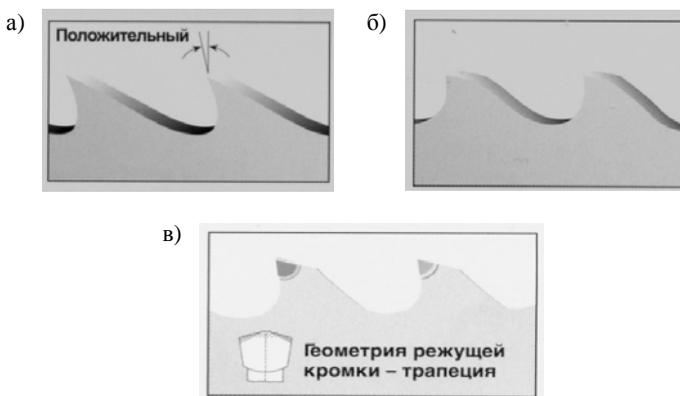


Рис. 16. Зуб-«крючок» (К) с положительным передним углом (а); форма зуба (HV), зуб-«крючок», с положительным передним углом (б); форма зуба (VA), зуб-«крючок», с положительным углом (в)

Зуб-«крючок» (К) с положительным передним углом (а) используется для вязких материалов с удлиненной (сливной) стружкой; цветных металлов; сталей с содержанием углерода $< 0,8\%$; конструкционных, нержавеющей и кислотоупорных сталей, специальных сплавов; заготовок большого сечения.

Форма зуба (HV), зуб-«крючок» с положительным передним углом (б) заточки используется специально для хрупких и «прикаленных» материалов и заготовок большого размера.

Форма зуба (VA), зуб-«крючок» с положительным углом (в) заточки используется для вязких материалов; материалов, образующих удлиненную (сливную) стружку, и заготовок больших размеров.

Профильный зуб (P) с углом заточки 0° предназначен для полых профилей, уголков, стальных балок, пакетов заготовок и для уменьшения уровня вибраций.

Трапецеидальный зуб (T) с углом заточки 0° предназначен для высокопроизводительного процесса и улучшения качества поверхности реза. Форма зуба (TSN) – трапецеидальный зуб со специальной геометрией режущей кромки и отрицательным углом заточки предназначен для резки валов с высокой степенью поверхностной закалки; закаленных сталей до 62 HRC; марганцевых и хромистых сталей, а также заготовок диаметром до 200 мм. Известны также иные формы зубьев, рис. 16, табл. № 7, 8.

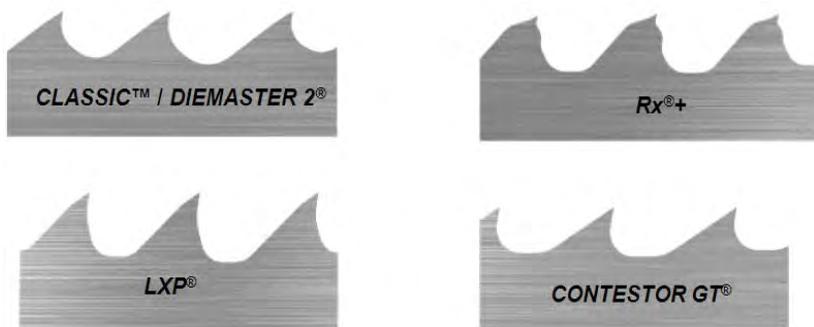


Рис. 17. Разновидности форм зубьев, см. табл. 7, 8

1.4.3 Разводка зубьев

При разводке зубья пилы выступают вправо и влево. Разводка зубьев пил должна учитывать специфические условия пиления, заданную производительность, чистоту обработки, трение между полотном и заготовкой, доступ СОЖ и выход стружки, рис. 18, 19.

Стандартная разводка (SD) – универсальная – применяется для различных материалов заготовок (сталь, чугун, твердые не содержащие железа материалы) толщиной более 5 мм. При постоянном шаге один зуб на шаговый интервал остается без разводки. Остальные зубья разведены попеременно лево-право.



Рис. 18. Разводка зубьев стандартная

При **групповой разводке (GS)** полотно шагом от 4 до 14 трі достигается улучшенное качество поверхности реза заготовки.

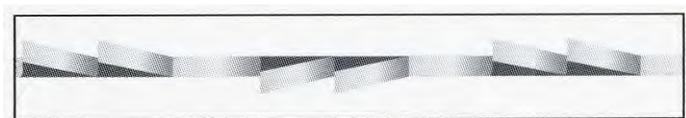


Рис. 19. Групповая разводка зубьев (GS)

Разводка **вправо-влево (RL)** обеспечивает наибольшую производительность при пилении легкообрабатываемых материалов: цветных металлов, пластмассы, древесины.

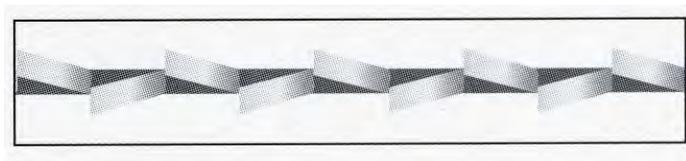


Рис. 20. Разводка зубьев «право-лево» (RL)

Разводка полотна «волна» рекомендуются для пиления заготовок толщиной до 5мм: листовой металл, тонкостенные трубы, профили.

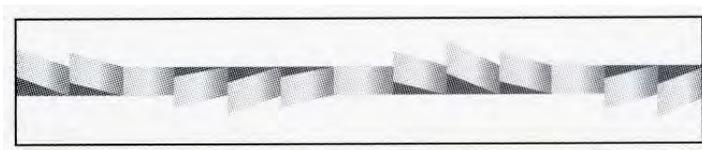


Рис. 21. Разводка зубьев «волна»

Разводка зубьев обеспечивает ширину пропила для полотна пилы. Обычно ширина разводки не превышает удвоенной толщины пильного полотна. Например, для пилы с толщиной полотна 0,9 величина разводки каждого зуба не должна превышать 0,45 мм.

Известны пилы с трапецидальной формой зубьев (форма Т), не имеющих разводки. Просвет тела пилы с заготовкой обеспечивается поднутрением (уменьшение толщины тела пилы по сравнению с шириной ее режущей части).

Волнообразность полотна. Переменная прокатка в зоне спинки полотна придает пиле определенную волнообразность, способствующую «переменно нарастающему пилению» и уменьшению наклепа на режущей кромке зубьев. Для широких полотен, $H > 67$ мм, дополнительное вальцевание в зоне межзубной впадины увеличивает жесткость полотна.

Некоторые примеры работы ленточных пил представлены на рис. 22.

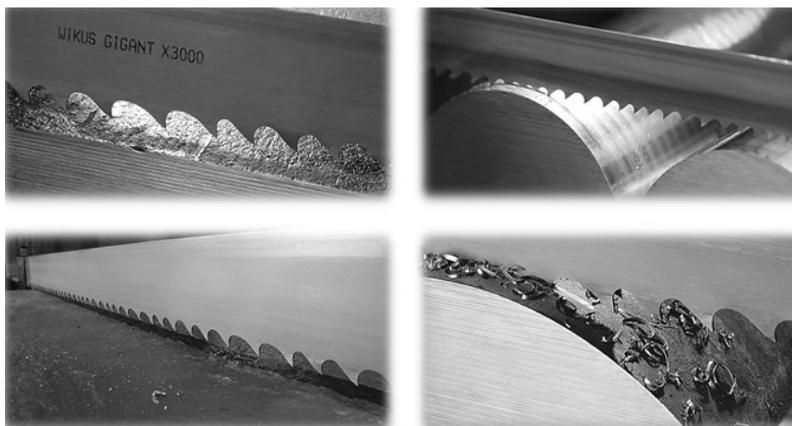
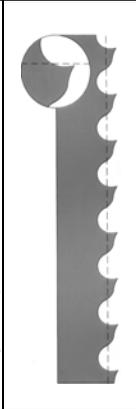
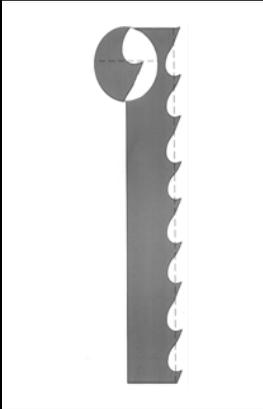


Рис. 22. Примеры применения ленточных пил

1.4.4 Рекомендации фирмы ВАНСО по применению ленточных пил

Таблица № 7

Combo	Традиционная форма зубьев с передним углом 0° используется для многоцелевой резки тонкостенных труб и профилей из большинства материалов	
Hook (Крюк)	Традиционная форма зубьев с передним углом 10° используется для цветных металлов, дерева и пластмасс	
HA	Разновидность формы Hook применяется для резки алюминия в литейном производстве	
RF	Специальная высокопрочная форма зуба с передним углом 6° предназначена для резки пакетов труб и профилей с высокой производительностью и увеличенным сроком службы инструмента.	
PQ	Специальная форма зуба с положительным передним углом 17° предназначена для обеспечения процесса резания при пилении пошипниковых, инструментальных, нержавеющей сталей и специальных сплавов, склонных к упрочнению при механической обработке. Переменный профиль зуба способствует улучшению стружкообразования, уменьшает силы резания и увеличивает стойкость пилы.	

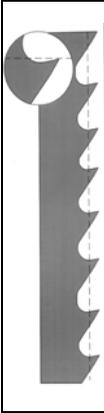
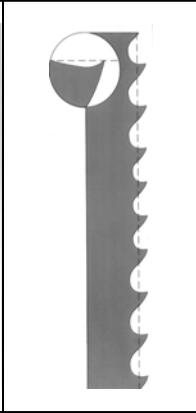
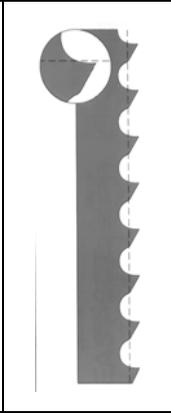
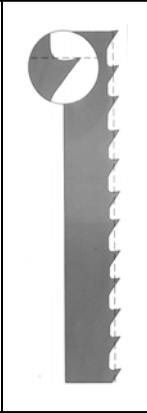
PR	<p>Переменный передний угол зубьев, равный 10° на 2/3, 3/4 ТРІ и 8° – на 4/6 и 5/8 ТРІ используется для пил при резке заготовок малых и средних размеров</p>	
PS	<p>Пилы с зубьями, имеющими с большие передние углы 10-15° и увеличенное расстоянием между зубьями, рекомендуются для резки крупногабаритных заготовок</p>	
EZ	<p>Запатентованная форма зубьев применяемая в полотнох Easy-Cut, рекомендуется для резки обычных материалов, при этом она является очень устойчивой к обдирке зубьев. Идеальна для мелкосерийного производства при резке заготовок из различных материалов</p>	
PSG	<p>Форма зубьев Combo PSG с положительным передним углом идеальна для промышленной резки заготовок средних и больших сечений из материалов различных марок, в том числе, для легированных и нержавеющей сталей.</p>	
PHG		

Таблица № 8. Твердосплавные пилы ВАНСО

<p>TNQ</p>	<p>Эта пила предназначена для резки никеля, титана и сплавов цветных металлов. Широкая стандартная разводка предотвращает заклинивание, уменьшает силы резания, увеличивает срок службы инструмента. Применяется для заготовок малого и среднего размера.</p>	
<p>TMC</p>	<p>Эта форма зуба используется для твердосплавных полотен без разводки при обработке труднообрабатываемых материалов и сплавов на стационарных станках.</p>	
<p>TMC-W</p>	<p>Форма зубьев TMC, но с более широкой разводкой во избежание заклинивания. Рекомендуется для пиления никелевых сплавов с цементированными поверхностями</p>	
<p>TS</p>	<p>Эта форма зуба с передним углом 7° предназначена для использования в литейном производстве, хорошо работает в узком диапазоне применения при резании нержавеющей и высоколегированных сталей.</p>	
<p>TSX</p>	<p>Эта форма зуба с передним углом 10° идеальна для резания крупногабаритных заготовок, в том числе, из абразивных материалов. Это уникальная и запатентованная форма зубьев. Преимуществом оригинальной формы зубьев полотна с разводкой является то, что пилы пригодны для работы на станках малой жесткости и улучшают процесс пиления по сравнению с полотнами без разводки.</p>	

TSS	<p>Форма зуба TSX, но с предварительной «обкаткой» на заводе. Предназначена для исключения обкатки и позволяет проводить операцию при полной скорости и подаче от первого реза в нержавеющей стали. Это Уникальная форма зубьев запатентована</p>	
THS	<p>Такая же форма, как у THQ, но с исключительно низким уровнем шума не пригодна для титана.</p>	
Multi-Grit C Continuous	<p>Полотна с напылением твердосплавного порошка на режущей кромке разработаны для промышленной резки новых материалов. Применяется для резки керамики, шин, графита, кабеля, композитных материалов, стекла, чугуна и др.</p>	
Multi-Grit G Gulleted		



Рис. 23. Формы зуба:
а – стандартная; б – с переменным шагом;
в – объемная; г – крюк

1.5 Вопросы к защите лабораторной работы

1. Ленточнопильные технологии, особенности и преимущества процессов пиления.
2. Типы, конструктивные и геометрические параметры ленточных пил.
3. Материалы ленточных пил.
4. Характеристики ленточных пил и область их применения.

1.6 Форма отчета

Отчет

по лабораторной работе № 1.

«Материалы, конструктивные и геометрические параметры ленточных пил»

студента группы _____ машиностроительного факультета

Содержание отчета:

1. Типы пил, назначение.
2. Материал режущей части, профиль зуба, впадина, разводка зубьев.
3. Эскиз инструмента (рамеры, углы, шаг).

Лабораторная работа № 2

Терминология и технология ленточного пиления

2.1 Цель лабораторной работы

Цель работы – закрепить теоретические знания об основных принципах технологии ленточного пиления, освоить принципы расчетов режимов резания для различных условий пиления с учетом суммарной стоимости реза в зависимости от способа резки.

2.2 Последовательность (алгоритм) выполнения работы

1. Изучить инструкцию по технике безопасности, см. лаб. № 1.
2. Получить методические материалы по лабораторной работе.
3. Ознакомиться с моделями ленточнопильных станков, типами ленточных пил, плакатами и натурными образцами.
4. Изучить основные термины и определения процесса пиления.
5. Обосновать схему крепления заготовок согласно заданию.
6. Рассчитать режимы резания и производительность при пилении конкретных форм заготовок согласно заданию.

2.3 Основные термины и определения технологии процесса пиления

Скорость резания, $V_m/\text{мин}$ – это путь точки режущего лезвия инструмента относительно заготовки в направлении главного движения в единицу времени. В ленточном пилении скорость резания – скорость продольного или вращательного движения полотна пилы, рис. 24.

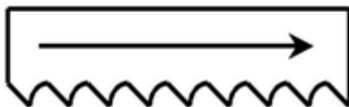


Рис. 24. Схема продольного движения полотна пилы

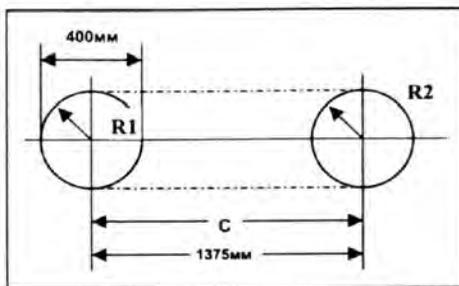


Рис. 25. Вид и схема механизмов вращения пилы

На простых моделях станков скорость резания не всегда отображается с достаточной точностью. Поэтому для уточнения фактического значения $V_{факт}$ применяют *тахометр* или используют способ визуального контроля. При визуальном контроле помечается полотно в любой точке (в качестве метки можно принять сварной шов) и далее считается количество оборотов «к» метки за определенное время T . Расчет фактической скорости резания производится по формулам:

$$V_{факт} = \frac{\pi d n}{1000}, \text{ м/мин}; \quad V_{факт} = \frac{L k T \cdot 60}{T_{рез}}$$

где L – длина полотна пилы, м;

k – количество оборотов метки за время $T_{рез}$, сек.

Пример расчета скорости резания. Длина полотна пилы $L = 4400 \text{ мм} = 4,4 \text{ м}$; пила совершила за время $T_{рез} = 36 \text{ сек.}$ оборотов $k = 10$. Тогда

$$V_{факт} = \frac{LkT \cdot 60}{T_{рез}} \quad V_{факт} = \frac{4,4 \cdot 10 \cdot 60}{36} = 73,3 \text{ м/мин}$$

Скорость резания в зависимости от материала, форм, размеров, состояния поверхности заготовки и типа применяемого оборудования назначается по нормативным таблицам, табл. № 6. Диапазон скоростей для пиления сортового проката большинства металлов и сплавов находится в пределах 10...150 м/мин, для алюминия и цветных металлов – 150...1800 м/мин. Чем хуже обрабатываемость материала, тем меньше должна быть скорость резания.

Подача. Для обеспечения необходимой толщины среза на каждом зубе пилы необходимо выбрать шаг зубьев, скорость резания полотна и величину подачи. Величина усилия, необходимая для преодоления сопротивления материала, измеряется в длине PSI или в Бар, т.е. рассматривается как «сила подачи», рис. 26.

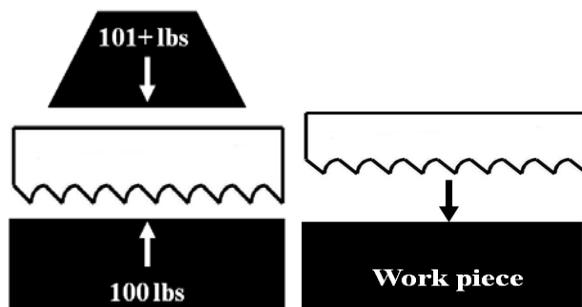


Рис. 26. Направления силы подачи при движении полотна пилы

Под подачей $[V_f]$ в ленточном пилении понимают скорость опускания пильной рамы, мм/мин. На некоторых моделях станков регулятор управления подачей пильной рамы может быть тарирован (градуирован) в таких единицах, как мм/мин.

Фактическая подача рассчитывается следующим образом:

$$V_{f\text{факт}} = \frac{d(h)}{T_{\text{рез}}} \text{ 'мм/мин'}$$

где $D(h)$ – диаметр (высота, максимальная ширина пропила), мм;

$T_{\text{рез}}$ – время резания одной заготовки, мин.

Чаще всего, на станках с гидравлической подачей рукоятка управления скоростью опускания пильной рамы имеет градуировку от 1-го до 10-ти. Для правильного выбора величины подачи необходимо выполнить следующие 4 действия, которые рассмотрим на примере.

ПРИМЕР. Круг $d = 110$ мм (площадь поперечного сечения $S = 95 \text{ см}^2$), материал – Сталь 45, станок мод. МЕВА 335 Eco – line с гидравлическим опусканием пильной рамы.

1. По **справочной таблице № 3** для биметаллических пил Wikus и стали 45 выбираем среднюю величину производительности $Q = 55 \text{ см}^2/\text{мин}$.

2. Рассчитываем теоретическое время резания:

$$T = \frac{S}{Q} = \frac{95}{55} = 1,7 \text{ МИН.}$$

3. Определяем величину подачи:

$$V_f = \frac{d}{T_{\text{рез,теор}}} = \frac{110}{1,7} = 63 \frac{\text{мм}}{\text{МИН}}$$

4. По графику зависимости скорости подачи от положения переключателя (см. паспорт станка), согласно рассчитанной подаче V_f , выбираем требуемое положение регулятора. В нашем случае $V_f = 63 \text{ мм/мин}$, следовательно, положение переключателя будет находиться в пределах 3,2 – 3,4 (рис. 27).

На станках с гидравлической подачей имеется рукоятка управления скоростью опускания пильной рамы с градуировкой от 1-го до 10-ти. Для правильного выбора величины подачи, необходимо выполнить следующие действия:

1. Выбираем станок и тип пилы для пиления определенного материала заготовки.
2. Рассчитываем площадь сечения для пиления.
3. По справочной таблице № 9 для выбранной пилы выбираем среднюю величину производительности.
4. Рассчитываем теоретическое время резания.
5. Определяем величину подачи.

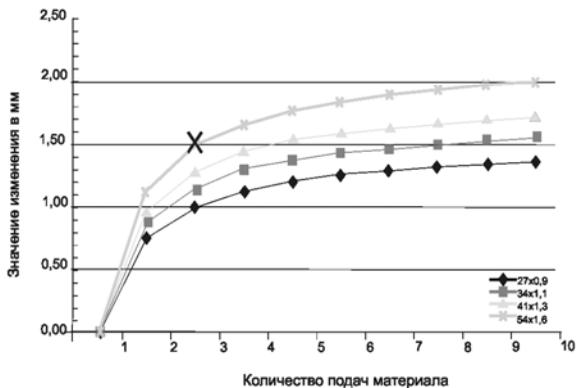


Рис. 27. Количество подач материала

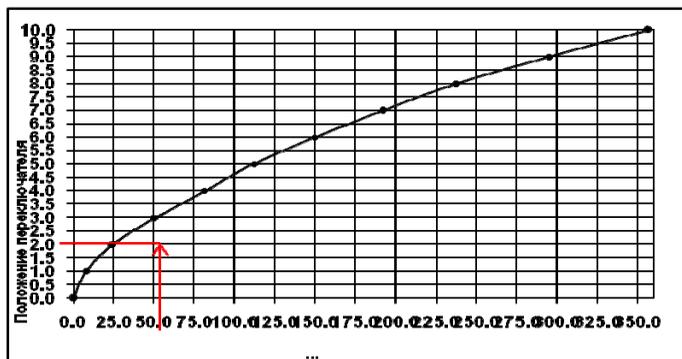


Рис. 28. Величина подач при различных положениях переключателя

При выборе величины подачи ориентировочно можно воспользоваться видом образующейся стружки, изменяющейся при увеличении подачи, рис. 29. При правильно выбранном режиме резания стружка спиралевидная, средней толщины и имеет светлый металлический цвет. Мелкая, «порошкообразная» стружка сокращает срок службы режущей кромки.

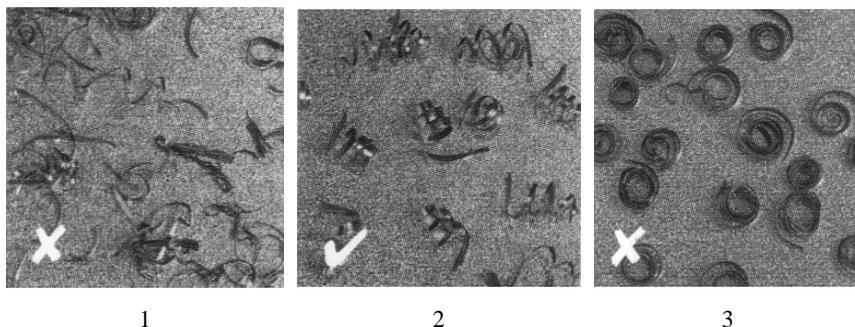


Рис. 29. Виды стружек в зависимости от параметров режимов резания:
1 – тонкие, измельченные стружки – увеличить скорость подачи или уменьшить скорость полотна; 2 – короткие спиралевидные стружки – требуют изменения параметров режимов резания; 3 – толстые, массивные стружки свидетельствуют о высокой скорости резания и требуют уменьшения подачи или скорости полотна

2.4 Влияние различных факторов на величину подачи

Чем хуже обрабатываемость материала, (меньший %), тем меньшей должна быть подача. Режущая кромка зуба должна соотноситься со скоростью подачи пилы: зуб из углеродистой стали – наименьшая подача, из твердого сплава – наивысшая подачи.

Вибрации и шум при резании разрушают режущую кромку. Если они возникают, следует увеличить подачу.

Если охлаждающая жидкость – соответствует условиям пиления, то можно использовать рекомендуемую подачу. Если пиление выполняется без охлаждающей жидкости, то подачу следует уменьшить на 50-75%.

При правильно выбранном режиме резания стружка спиралевидная, средней толщины и имеет светлый металлический цвет. Мел-

кая, «порошкообразная» стружка сокращает срок службы режущей кромки.

Стружка, образовавшаяся при завышенной подаче, имеет большую толщину и коричневую или голубую окраску. Стружка из нержавеющей стали цвет не изменяет.

Для устранения наклепа необходимо уменьшить подачу или увеличить скорость, а также улучшить подачу охлаждения в зону резания.

Для обеспечения возможности пиления труднообрабатываемых материалов, а также для получения большей стойкости пилы и высокого качества пиления современные модели ленточнопильных станков оснащаются устройствами автоматической регулировки подачи, регулировки давления пиления, возможностью плавного изменения скорости пиления (при помощи частотного преобразователя) и микрораспылителем СОЖ. Кроме того, на таких станках предусматривается возможность пиления, по меньшей мере, под углом $+60^\circ$.

2.5 Стойкость ленточных пил

Стойкость инструмента – это время его работы между двумя переточками, либо время его выхода из строя. В ленточном пилении стойкость ленточного полотна оценивается по следующим критериям: общее количество отрезанного материала – m^2 ; количество отрезанного материала на один погонный метр полотна пилы – m^2/m . **пог.**; количество отрезанных заготовок – **штук или резов.**

Основные критерии выхода ленточных пил из строя:

- разрушение зубьев пилы на участке полотна длиной более 100 мм;
- разрыв полотна пилы;
- отклонение от прямолинейности пропила (увод) при износе режущих кромок зубьев;
- износ или смятие спинки пилы.

На стойкость инструментов влияют параметры режимов резания, свойства обрабатываемых материалов, формы заготовок, тип пилы, применение смазывающе-охлаждающих сред и другие факторы. В справочниках производителей пил приводятся соответствующие рекомендации применения пил для определенных условий резания.

2.6 Производительность процесса пиления [Q]

В ленточном пилении под понятием производительность рассматривают количество материала, разрезанного пилой за одну минуту. Производительность измеряется в $\text{см}^2/\text{мин}$ с учетом площади поперечного сечения заготовки (см^2) и времени пиления (мин). Производительность зависит от материала, формы и габаритов заготовок, типа пилы, оборудования, режимов резания. Фактическую производительность $Q_{\text{факт}}$ возможно выбрать по таблицам № 8, 9 или рассчитать по формуле (1).

$$Q_{\text{факт}} = \frac{S}{T_{\text{рез}}}, \text{ см}^2 / \text{мин}, \quad (1)$$

где S – площадь поперечного сечения заготовки (пакета заготовок), см^2 . Для заготовок круглого сечения $S = \pi d^2/4$;

$T_{\text{рез}}$ – время резания (основное время) одной заготовки (пакета заготовок), мин.

Определив время резания одной заготовки (пакета), можно воспользоваться данными специальной таблицы зависимости величины производительности от времени резания, табл. № 9, 10.

Таблица № 9. Производительность пиления для различных материалов

Основные группы материалов	Биметаллические пилы	Твердосплавные пилы
Конструкционные стали	40...60 $\text{см}^2/\text{мин}$	50...80 $\text{см}^2/\text{мин}$
Легированные стали	25...45 $\text{см}^2/\text{мин}$	30...60 $\text{см}^2/\text{мин}$
Жаропрочные стали, сплавы	5...15 $\text{см}^2/\text{мин}$	7...25 $\text{см}^2/\text{мин}$
Алюминий и сплавы	100...300 $\text{см}^2/\text{мин}$	800...1500 $\text{см}^2/\text{мин}$

Таблица № 10. Время резания заготовок различного диаметра

d, мм	S, см ²	Производительность Q см ² /мин													
		7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55			
		Время резания, мин.													
40	12,57	1,80	1,26	0,84	0,63	0,50	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25	0,23			
45	15,90	2,27	1,59	1,06	0,80	0,64	0,53	0,45	0,40	0,35	0,32	0,29			
50	19,63	2,80	1,96	1,31	0,98	0,79	0,65	0,56	0,49	0,44	0,39	0,36			
55	23,76	3,39	2,38	1,58	1,19	0,95	0,79	0,68	0,59	0,53	0,48	0,43			
60	28,27	4,04	2,83	1,88	1,41	1,13	0,94	0,81	0,71	0,63	0,57	0,51			
65	33,18	4,74	3,32	2,21	1,66	1,33	1,11	0,95	0,83	0,74	0,66	0,60			
70	38,48	5,50	3,85	2,57	1,92	1,54	1,28	1,10	0,96	0,86	0,77	0,70			
75	44,18	6,31	4,42	2,95	2,21	1,77	1,47	1,26	1,10	0,98	0,88	0,80			
80	50,27	7,18	5,03	3,35	2,51	2,01	1,68	1,44	1,26	1,12	1,01	0,91			
85	56,75	8,11	5,67	3,78	2,84	2,27	1,89	1,62	1,42	1,26	1,13	1,03			
90	63,62	9,09	6,36	4,24	3,18	2,54	2,12	1,82	1,59	1,41	1,27	1,16			
95	70,88	10,13	7,09	4,73	3,54	2,84	2,36	2,03	1,77	1,58	1,42	1,29			
100	78,54	11,22	7,85	5,24	3,93	3,14	2,62	2,24	1,96	1,75	1,57	1,43			
110	95,03	13,58	9,50	6,34	4,75	3,80	3,17	2,72	2,38	2,11	1,90	1,73			
120	113,10	16,16	11,31	7,54	5,65	4,52	3,77	3,23	2,83	2,51	2,26	2,06			
130	132,73	18,96	13,27	8,85	6,64	5,31	4,42	3,79	3,32	2,95	2,65	2,41			
140	153,94	21,99	15,39	10,2	7,70	6,16	5,13	4,40	3,85	3,42	3,08	2,80			
150	176,71	25,24	17,67	11,7	8,84	7,07	5,89	5,05	4,42	3,93	3,53	3,21			

		Производительность Q см ² /мин										
d, мм	S, см ²	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
		Время резания, мин.										
160	201,06	28,72	20,11	13,4	10,0	8,04	6,70	5,74	5,03	4,47	4,02	3,66
170	226,98	32,43	22,70	15,1	11,3	9,08	7,57	6,49	5,67	5,04	4,54	4,13
180	254,47	36,35	25,45	16,9	12,7	10,1	8,48	7,27	6,36	5,65	5,09	4,63
190	283,53	40,50	28,35	18,90	14,18	11,34	9,45	8,10	7,09	6,30	5,67	5,16
200	314,16	44,88	31,42	20,9	15,7	12,5	10,4	8,98	7,85	6,98	6,28	5,71
210	346,36	49,48	34,64	23,0	17,3	13,8	11,5	9,90	8,66	7,70	6,93	6,30
220	380,13	54,30	38,01	25,3	19,0	15,2	12,6	10,8	9,50	8,45	7,60	6,91
230	415,48	59,35	41,55	27,7	20,7	16,6	13,8	11,8	10,3	9,23	8,31	7,55
240	452,39	64,63	45,24	30,1	22,6	18,1	15,0	12,9	11,3	10,05	9,05	8,23
250	490,87	70,12	49,09	32,7	24,5	19,6	16,3	14,0	12,2	10,91	9,82	8,92
260	530,93	75,85	53,09	35,4	26,5	21,2	17,7	15,1	13,2	11,80	10,62	9,65
270	572,56	81,79	57,26	38,1	28,6	22,9	19,0	16,3	14,3	12,72	11,45	10,41
280	615,75	87,96	61,58	41,0	30,7	24,6	20,5	17,5	15,3	13,68	12,32	11,20
290	660,52	94,36	66,05	44,0	33,0	26,4	22,0	18,8	16,5	14,68	13,21	12,01
300	706,86	100,98	70,69	47,1	35,3	28,2	23,5	20,2	17,6	15,71	14,14	12,85
350	962,11	137,44	96,21	64,1	48,1	38,4	32,0	27,4	24,0	21,38	19,24	17,49
400	1256,6	179,52	125,66	83,7	62,8	50,2	41,8	35,9	31,4	27,93	25,13	22,85
450	1590,4	227,20	159,04	106,	79,5	63,6	53,0	45,4	39,7	35,34	31,81	28,92
500	1963,5	280,50	196,35	130,	98,1	78,5	65,4	56,1	49,0	43,63	39,27	35,70
550	2375,8	339,40	237,58	158,	118,	95,0	79,1	67,8	59,4	52,80	47,52	43,20

Соотношения между скоростью, подачей и шагом зубьев:

- увеличение скорости резания уменьшит подачу на зуб;
- уменьшение шага зубьев и скорости резания увеличит подачу на зуб.

Для каждого инструмента существуют определенные пределы производительности и стойкости. Так, для ленточнопильной резки значения производительности могут отличаться на 30-40 %. Для обеспечения отрезки максимального количества заготовок в единицу времени выбирается наибольшая производительность за счет некоторого снижения стойкости. Зависимость между количеством отрезанных заготовок и производительностью представлена в табл. № 11.

Таблица № 11. Производительность пиления заготовок из различных сталей

Материал заготовки	Производительность, см ² /мин	Количество заготовок
Сталь 20-45	40	820
	50	780
	60	660
Сталь 40X	35	700
	45	630
	50	510
20X13, Р6М5 12X18Н10Т	15	380
	20	300
	25	210

Данные приведены для заготовок диаметром 100 мм, разрезаемых пилами 34x1.1 на станках НА-400 «АМАДА», Япония.

2.7 Смазывающе-охлаждающие жидкостей [1, 5]**Классы рекомендуемых СОЖ:**

- водносмешиваемая синтетическая жидкость – 1;
- водносмешиваемая СОЖ с жировыми присадками – 2;

- средневязкое масло с жировыми присадками, содержащими серу и хлор – 3;
- маловязкое масло с жировыми присадками, содержащими серу и хлор – 4;
- водносмешиваемые полусинтетические жидкости – 5.

Специфические условия ленточнопильной резки металлов осложняют доступ СОЖ в зону резания. Пила в процессе резания находится в замкнутом пространстве распила и, следовательно, затруднено охлаждение зоны резания особенно при разрезании заготовок больших диаметров.

Смазочно-охлаждающая жидкость проникает между полотном пилы, заготовкой, образующейся стружкой и выполняет ряд функций в зоне резания:

- уменьшает силы резания, трение контактирующих поверхностей пилы с заготовкой и стружкой и, как следствие, снижает интенсивность выделения тепла, охлаждает и смазывает направляющие, полотно и зубья ленточной пилы;
- предохраняет режущие кромки зубьев от наростообразования в процессе резания;
- уменьшает уровень мощности, необходимой для процесса пиления;
- вымывает стружку из впадин между зубьями.

Для выбора СОЖ в соответствии с указанной основной классификацией рекомендуется использовать справочник «Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием» [5].

Температура в зоне резания – это один из основных факторов разрушения зубьев пилы. Охлаждение и смазка зоны обработки способствуют уменьшению выделения тепла в процессе пиления. Поток охлаждающей жидкости обычно обеспечивает наилучшее охлаждение и смазку. Распыленная струя смазывает, но не охлаждает зону обработки. Твердая смазка выполняется вручную и только уменьшает трение, рис. 30.

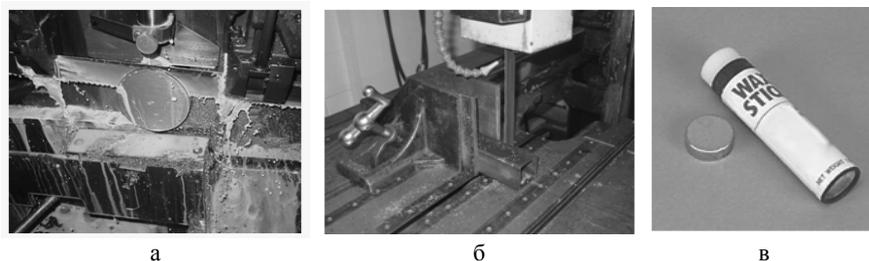
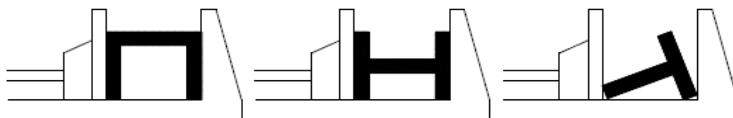


Рис. 30. Охлаждение и смазка при пилении:
 а – потоком СОЖ; б – струей; в – твердой смазкой

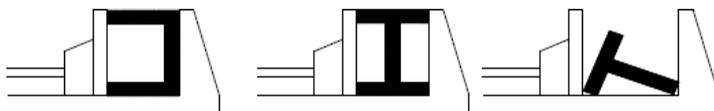
2.8 Схемы укладки и закрепления заготовок в тисках станков

При разрезке профильного проката (уголков, тавров, двутавров) следует исходить из условия, что не менее 3-х зубьев должно находиться в зоне резания. С учетом этого условия в сечении разрезаемой заготовки выбирают минимальный путь резания и, в соответствии с этим размером, – шаг зубьев. При более «тонких» сечениях используется шаг 1,8 мм. При пакетной (групповой) разрезке профильного проката, а также труб и прутков необходимо учитывать тип ленточнопильного станка, см. схемы, рис. 31.

Консольные станки



Двухколонные станки



Оба типа

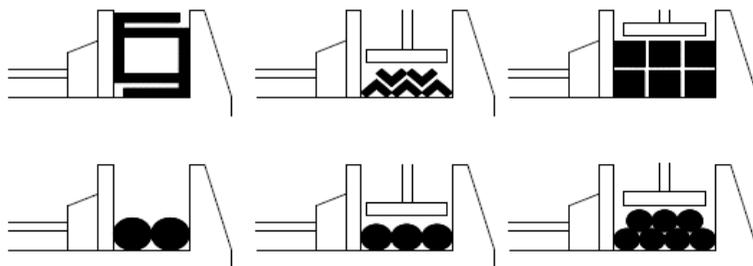


Рис. 31. Схемы закрепления заготовок

2.9 Наладка длины заготовки для пиления под углом

При расчетах следует всегда помнить, что в данном случае складываются две половины значений изменения углов.

Длина, на которую заготовка должна выдвигаться, рассчитывается следующим образом:

$$V = \frac{S}{2 \sin \alpha} + \frac{S}{2 \sin \beta} + L,$$

где V – путь подачи; S – ширина канала реза, α = угол 1.

L – необходимая длина заготовки, β = угол 2.

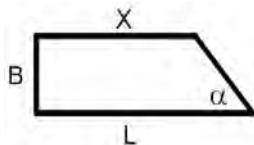
Пример. Измеренная ширина канала реза $S= 1.5$ мм. Необходимая длина $L= 250$ мм. 1-й угол = 60° , 2-й угол = 135° .

$$V = \frac{1.5 \text{ мм}}{2 \sin 60^\circ} + \frac{1.5 \text{ мм}}{2 \sin 135^\circ} = 251,9 \text{ м.}$$

Формулы для расчета длины.

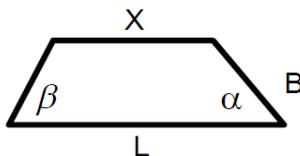
Пример 1. Дано L, B, α , найти X . $X = L \cdot \frac{B}{\text{tg} \alpha}$. Дано X, B, α , найти L .

$$L = X + \frac{B}{\text{tg} \alpha}$$



Дано X, B, α , найти L . $L = X + \frac{B}{\operatorname{tg} \alpha}$

Пример 2



Дано: L, B, α, β ; найти X . $X = L - \frac{B}{\operatorname{tg} \alpha} - \frac{B}{\operatorname{tg} \beta}$;

Дано: x, B, α, β , найти L . $L = X + \frac{B}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{B}{\operatorname{tg} \beta}$

Требования к укладке и креплению пакетов заготовок:

- пакет не должен быть выше габарита тисков;
- предпочтительна укладка пакета с большим размером по горизонтали параллельно направлению перемещения ленточной пилы в направляющих;
- при разрезке проката и труб в пакетах не допускается ослабление фиксации отдельных разрезаемых заготовок или их вибрация;
- шаг зубьев при пакетной резке выбирают исходя из суммарной толщины одновременно разрезаемых заготовок, а не из общего габарита заготовок;
- во всех случаях резки профилей и труб используются пилы с типом зубьев "N".
- для станков, в которых подача осуществляется под действием веса рамы, без гидравлической регулировки усилия резания, пакет должен быть узким и высоким при максимальной ширине 120 мм. Это правило строго должно соблюдаться при разрезании труб и профилей с учетом подбора шага ленточных пил.

2.10 Режимы резания для различных условий пиления [1]

Таблица № 12. Режимы резания при резке биметаллическими ленточными пилами М 42 сортового проката черных и цветных металлов

Материал: марка, твердость	Сечение, (диаметр, толщина), мм	Скорость ленточной пилы, м/мин	Производительность отрезки, см ² /мин	СОЖ, %
1	2	3	4	6
Сталь конструкционная, углеродистая, качественная				
Сталь 05, 08, 10 (КП, ПС) НВ 179	До 25 25-75 75-150 более 150	95-115 85-105 80-100 70-90	60-78 80-100 90-115 80-100	7-10
Сталь 15, 18, 20 (КП,ПС), 25,30, 35 НВ207	До 25 25-75 75-150 более 150	100-120 95-115 80-100 75-95	65-85 85-105 100-120 95-115	7-10
Сталь 40, 45, 50, 55, 60 НВ225	До 25 25-75 75-150 более 150	60-80 55-75 45-70 40-65	35-45 40-50 50-70 45-60	7-10
Сталь конструкционная повышенной обрабатываемости				
Сталь А12, А20, А30 НВ207	до 25 25-75 75-150 более 150	95-115 90-110 80-100 75-95	65-85 85-105 100-120 90-110	7-15
Сталь конструкционная легированная				
Сталь 15Г, 20Г, 30Г, 35Г НВ207	до 25 25-75 75-150 более 150	90-110 85-105 80-100 75-95	65-85 80-100 90-115 90-110	7-15

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
Сталь 35Г2, 40Г2, 45Г2 НВ 197	до 25 25-75 75-150 более 150	60-80 60-80 50-70 45-65	35-45 40-60 45-65 40-60	5-10
Сталь 20ХН, 20ХНР НВ197	до 25 25-75 75-150 более 150	70-90 60- 80 60- 80 55-75	30-45 35-50 40-60 35-50	5-10
40ХН, 45ХН, 50ХН НВ 207	до 25 25-75 75-150 более 150	50-65 45-65 40-60 35-50	30-45 40-55 45-65 40-60	5-10
Сталь конструкционная легированная				
Сталь 12ХНЗА, 12ХН4А, 20ХНЗА, 20ХН4А НВ269	До 25 25-75 75-150 более 150	50-65 50-65 45-60 35-50	30-45 35-55 45-65 35-60	5-10
Сталь 15ХМ, 20ХМ, 35ХМ, 38ХМ НВ241	До 25 25- 75 75-150 более 150	75-95 65-85 65-85 55-75	30-50 40-60 50-70 45-65	5-10
Сталь 15Н2М, (15НМ),12ХН2, 15ХН2А НВ207	До 25 25-75 75-150 более 150	65-85 55-75 55-75 50-70	30-45 35-50 40-60 35-50	5-10
Сталь 15ХФ НВ 207	до 25 25-75 75-150 более 150	60-80 55-75 55-75 60-75	30-40 30-50 40-60 30-50	5-10
Сталь 15Х, 20Х, 30Х, 35Х НВ197	До 25 25-75 75-150 более 150	70-90 60-80 60-80 50-65	30-40 30-50 35-55 30-50	5-10

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
Сталь 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х НВ229	До 25 25-75 75-150 более 150	60-80 55-75 55-75 45-65	30-40 30-45 35-50 30-45	5-10
Сталь 20ХГНР, 20ХН2М, 20ХНМ НВ229	До 25 25-75 75-150 более 150	60-80 50-70 50-70 40-60	30-40 30-45 35-50 30-45	5-10
Сталь 30ХН2МА 38Х2Н2МА 40ХН2МА НВ269	До 25 25-75 75-150 более 150	55-75 50-70 50-70 40-60	25-40 30-45 35-50 30-45	5-10
Сталь 40Х2Н2МА 38ХН3МА НВ269	До 25 25-75 75-150 более 150	50-70 45-65 45-65 40-55	25-35 30-40 30-45 30-40	5-10
Стали конструкционные рессорно – пружинные и подшипниковые				
Сталь 65Г, 55С2, 60С2, 60С2Г, 60С2ХА НВ241	До 25 25-75 75-150 более 150	50-70 45-65 45-65 35-55	20-30 20-35 25-40 20-30	5-10
Стали конструкционные рессорно – пружинные и подшипниковые				
Сталь 50ХФА, 50ХГФА НВ269	до 25 25-75 75-150 более 150	55-75 50-65 45-65 35-50	20-30 20-35 25-35 20-30	5-10
Сталь ШХ4, ШХ15, ШХ15СГ НВ202	До 25 25-75 75-150 более 150	40-60 35-55 35-55 30-40	20-30 20-35 25-40 20-35	5-10

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
Стали инструментальные углеродистые, легированные, штамповые				
Сталь У8, У9, У 10, У12 НВ212	До 25 25-75 75-150 более 150	60-80 50-70 50-70 50-70	20-35 25-40 25-40 25-35	5-10
Сталь 8ХФ, 9ХФ НВ241	До 25 25-75 75-150 более 150	55-75 50-70 45-65 40-60	20-30 25-40 25-40 20-40	5-10
Сталь ХВГ, 9ХВГ НВ255	До 25 25-75 75-150 более 150	50-70 45-65 40-60 35-55	15-25 20-35 20-35 15-25	5-10
Сталь Х12, Х12М, Х12ВМ.Х12Ф1 НВ255	До 25 25-75 75-150 более 150	30-50 25-40 25-40 20-30	10-20 15-25 15-25 10-20	безс
Сталь 4ХМФС, 5Х2МНФ НВ255	До 25 25-75 75-150 более 150	35-55 30-50 30-50 20-35	15-25 20-30 20-35 15-25	5-10
Сталь 3Х2В8Ф НВ241	До 25 25-75 75-150 более 150	40-60 30-50 30-50 30-45	15-25 20-35 20-35 20-30	5-10
Стали инструментальные быстрорежущие				
Сталь Р6М5, 11Р3М3Ф2 НВ255	До 25 25-75 75-150 более 150	30-45 25-40 25-40 20-35	15-25 20-30 20-35 15-25	5-10

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	6
Стали инструментальные быстрорежущие				
Сталь P12, P18, P6M5K5, P6M5Ф3 HB269	До 25 25-75 75-150 более 150	30-45 25-40 25-40 20-30	15-25 15-25 20-30 10-20	5-10
Сталь P12Ф3, P9M4K8, P18K5Ф2 HB285	До 25 25-75 75-150 более 150	25-40 20-35 20-35 20-30	10-20 10-20 15-25 10-20	5-10
Стали коррозионно-стойкие, жаропрочные, жаростойкие				
Сталь 06X1 8Н 11, 08X1 8Н9, 08X1 8Н 12	До 25 25-75 75-150 более 150	25-40 20-35 20-35 20-35	15-25 20-30 25-35 20-30	5-10
Сталь 12X17, 12X18Н9Т, 17X19Н9, 08X18Г8Н2Т	До 25 25-75 75-150 более 150	20-40 20-35 20-35 15-30	15-25 20-30 25-35 20-30	5-10
Сталь 12X13, 20X13, 30X13, 40X13, 15X11МФ	до 25 25-75 75-150 более 150	20-35 15-30 15-30 15-30	15-25 20-30 20-30 15- 25	5-10
Сталь 20X20Н14С2, 20X23Н13, 20X23Н18 20X25Н20С2 08X17Н13М2Т	до 25 25-75 75-150 более 150	20-30 15-25 15-25 10-20	10-15 10-15 10-20 5-10	5-10
Литьё				
Стальное литьё	до 25 25-75 75-150 более 150	40-60 40-50 35-50 30-45	10-30 20-40 20-40 15-35	5-10

Окончание таблицы 12

1	2	3	4	6
Литьё				
Чугун	ДО 25 25-75 75-150 более 150	40-70 40-60 40-60 35-50	25-35 30-40 30-45 25-40	Без охл.
Цветные металлы и сплавы				
Бронза алюми- ниевая, марганцевая, кремниевая НВ120	до 25 25-75 75-150 более 150	100-130 80-100 70-90 70-90	60-80 70-90 90-110 70-90	5-10
Бронза алюми- ниевая, марганцевая, крем- ниевая, бериллиевая НВ 220	ДО 25 25-75 75-150 более 150	70-90 50-70 40-60 35-50	15-25 20-35 25-45 20-30	5-10
Цветные металлы и сплавы				
Латунь	до 25 25-75 75-150 более 150	60-75 40-60 35-50 25-40	40-65 60-80 70-90 50-70	5-10
Монель НВ 210	до 25 25-75 75-150 более 150	25-40 20-35 20-35 15-30	5-10 5-10 7-15 5-10	5-10
Титан и его сплавы НВ320	до 25 25-75 75-150 более 150	25-40 20-35 20-35 15-30	7-15 7-15 7-15 5-10	5-10
Титан и его сплавы НВ360	до 25 25-75 75-150 более 150	20-35 15-30 15-30 10-25	5-10 5-10 5-10 4-8	5-10

2.11 Обрабатываемость материалов

Состав, структура материалов, состояние поверхности, твердость и профиль заготовок влияют на их обрабатываемость. Обрабатываемость обычно оценивается в процентах от 0 до 100 %. 100 % – это легко обрабатываемый материал. Чем меньше процент обрабатываемости, тем труднее резание. Для меньших процентов следует выбирать более износостойкую пилу. Повышение степени легированности материала снижает его обрабатываемость. Сложный профиль заготовки также снижает ее обрабатываемость.

Абразивность и обрабатываемость материалов. Абразивные свойства материалов зависят от многих факторов: структуры перлита, цементита, аустенита, неоднородности поверхности заготовки, например, окалина, литейная корка, что уменьшает срок службы пилы. В наиболее сложных случаях рекомендуется использовать пилы с зубьями из твердого сплава.

Под обрабатываемостью материалов резанием понимается способность материалов поддаваться обработке резанием. Обрабатываемость резанием – это комплексная характеристика, которая включает следующие показатели:

1. Уровень допускаемых скоростей резания.
2. Относительная величина сил резания при выполнении данного процесса.
3. Относительная величина температур в зоне резания.
4. Возможность получения заданного качества обработанной поверхности.

Наиболее важным показателем обрабатываемости является влияние свойств обрабатываемого материала на интенсивность затупления инструмента, величина скорости резания при определенной стойкости инструмента V_T , определяемые температурой $\theta_{рез}$ в зоне резания и истирающей способностью $\kappa_{ис}$ обрабатываемого материала.

$$V_T = f(\theta_{рез}, \kappa_{ис}).$$

Исследования обрабатываемости резанием различных материалов отражены в работах [3].

Обрабатываемость сталей [3, 4]. Для сталей при оценке обрабатываемости широко используется критерий обрабатываемости, связанный с влиянием свойств металлов на интенсивность затупления инструментов, характеризуемый уровнем скоростей резания V_T . Количественной мерой этого показателя обычно служит величина скорости резания при определенной стойкости – V_T , которая при заданных условиях обеспечивает 60-минутную стойкость инструмента. Для ускоренных испытаний возможны меньшие значения стойкости – 10; 15; 30 минут.

1. Истирающая способность $\kappa_{ис}$ сталей возрастает с увеличением содержания углерода и карбидообразующих легирующих элементов, входящих в её состав.

2. Наименьшей истирающей способностью обладает феррит, наибольшей – аустенит.

3. Истирающая способность перлита сильно зависит от формы частиц цементита: для пластинчатого перлита она больше, чем для зернистого; для зернистого перлита $\kappa_{ис}$ тем меньше, чем мельче его зерна.

4. Для высоколегированных сталей истирающая способность резко возрастает, если карбиды расположены в виде скоплений или сетки.

Решающее влияние на обрабатываемость стали данного состава оказывает её микроструктура. Наибольшее значение V_T достигается при обработке ферритной структуры затем, в порядке усиления интенсивности износа инструмента, следуют перлит пластинчатый, сорбит, троостосорбит.

Согласно исследованиям [3] для обеспечения хорошей обрабатываемости стали должны иметь следующую микроструктуру:

1. Малоуглеродистые стали ($C \leq 0,3\%$) – пластинчатый перлит и феррит. Резко выраженная строчечность феррита и крупные его скопления ухудшают обрабатываемость.

2. Стали со средним содержанием углерода ($C = 0,35... 0,55\%$) – пластинчатый перлит и феррит в виде сетки или некрупных зёрен. При структуре зернистого перлита величина V_T выше для черновой обработки (точение, фрезерование), но на чистовых операциях получаем неудовлетворительную шероховатость обработанной поверхности из-за «схватывания» феррита с задней поверхностью инструмента.

3. Высокоуглеродистые стали, конструкционные, инструментальные ($C > 0,6\%$) имеют наилучшую обрабатываемость V_T при структуре зернистый перлит.

2.12 Вопросы к защите лабораторной работы лабораторной работы

1. Особенности процессов пиления.
2. Схемы работы. Параметры режимов резания.
3. Расчет производительности и стоимость обработки при обработке заготовок (согласно заданию).

2.13 Форма отчета

Отчет

по лабораторной работе № 2.

«Терминология и технология ленточного пиления»

студента группы _____ машиностроительного факультета

Содержание отчета:

1. Особенности процессов пиления.
2. Выбор материал режущей части пил, профиля зуба и вида разводки.
3. Эскиз крепления заготовок различного профиля.

Лабораторная работа № 3

Ленточнопильный станок МЕВAswing 230 G

3.1 Назначение и технологические возможности станков

Ленточнопильные станки по конструктивному исполнению разделяются на три группы, рис. 32 – 34:

Горизонтальные станки консольной (качающейся) компоновки (рис. 32), на которых производится порезка заготовок практически любых форм (прутки, трубы, профильный и фасонный прокат). Станки используются на машиностроительных и др. видах производств для получения точных деталей или заготовок для последующей механической обработки или обработки давлением, сваркой; используются также для порезки неметаллических материалов: дерева, пластмасс, стекла, керамики, композитов и других материалов с различными физическими, механическими и специальными свойствами. Максимальные размеры заготовок, обрабатываемых на этих станках, не превышает 40-450 мм.

Горизонтальные станки портальной компоновки (рис. 33) имеют повышенную жесткость, позволяющие использовать как биметаллические, так и твердосплавные ленточные пилы и обрабатывать заготовки больших размеров: блоки двигателей, штамповые кубики, слитки и поковки в металлургическом производстве, стеновые панели и строительные блоки, а также все виды заготовок, обрабатываемых на консольных станках.

Вертикальные ленточнопильные станки (рис. 34) являются универсальным оборудованием и применяются при поперечной, профильной и фигурной порезке-вырезке листового и фасонного проката, обрезке литников, фигурного выпиливания (в модельных цехах), вырезке образцов и темплетов, порезке автомобильных шин, кабелей, секционных заготовок, а также в мебельной, медицинской и пищевой промышленности.

Ленточнопильные станки предназначены для работы в условиях индивидуального и мелкосерийного производства для порезки заготовок практически любых форм (прутки, трубы, профильный и фасонный прокат) под прямым углом 90° или под углом $\pm 30^\circ$ к оси разрезаемой заготовки. Станки-автоматы применяются на машино-

строительных, металлургических, машиностроительных и др. видах производства для получения точных деталей или заготовок для последующей механической обработки, обработки давлением или сваркой.



Рис. 32. Горизонтальный станок консольного типа (качающейся компоновки)

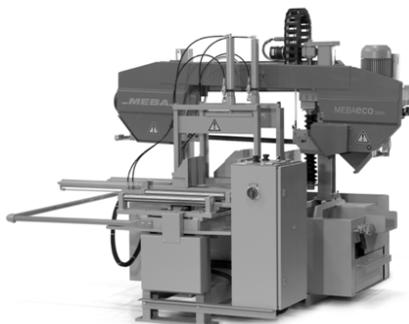


Рис. 33. Горизонтальный станок колонного типа



Рис. 34. Вертикальный ленточнопильный станок

Ленточнопильные станки используются также для порезки неметаллических материалов: дерева, пластмасс, стекла, керамики, композитов и других материалов с различными физическими, механическими и специальными свойствами.

3.2 Компоновка, основные узлы и органы управления станка

Станок имеет горизонтальное расположение оси поворота пильного узла. Пильный узел расположен на поворотной платформе, которая может поворачиваться вокруг вертикальной оси. Поворот платформы в горизонтальной плоскости обеспечивает возможность порезки заготовки под прямым углом к оси разрезаемой заготовки и под углами в пределах $\pm 30^\circ$ к оси заготовки. Пильный узел располагается под углом или в вертикальной плоскости относительно заготовки и поворачивается вокруг горизонтальной оси, обеспечивая подачу режущего инструмента.

3.2.1 Основные конструктивные элементы станка

Основные конструктивные элементы включают следующее (рис. 35): 1 – рама станины; 2 – поворотная платформа; 3 – гидроцилиндр механизма подачи; 4 – поддон; 5 – пильная рама; 6 – механизм натяжения пил; 7 – зажимное устройство (тиски); 8 – заготовка.

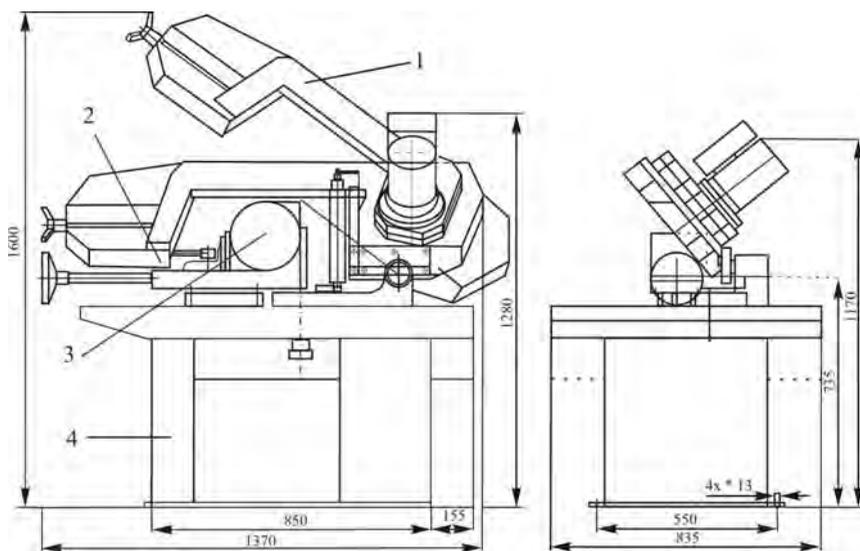


Рис. 35. Общий вид консольного ленточнопильного станка:

1 – пильная рама; 2 – зажимное устройство (тиски); 3 – заготовка; 4 – рама станины

Станина (1), является основной базовой деталью станка, она выполняется сварной и служит для монтажа узлов станка. В верхней части станины расположен поддон (4) для сбора охлаждающей жидкости и стружки. Для отвода СОЖ в поддоне предусмотрено отверстие прямоугольной формы, закрытое сеткой, которая выполняет функцию фильтра для отделения стружки. На горизонтальной верхней части станины установлена поворотная платформа (2) на вертикальной оси. На поворотной платформе на горизонтальной оси на подшипниках расположена пильная рама (5) и гидравлический цилиндр механизма подачи (3). Платформа вместе с пильным узлом может поворачиваться в горизонтальной плоскости. Значение угла поворота отсчитывается по шкале. Поворот платформы осуществляется вручную, ее угловое положение фиксируется рукояткой. Поворот платформы на требуемый угол обеспечивает расположение пильного узла и, соответственно, полотна пилы под прямым углом или углом в пределах $\pm 30^\circ$ в обе стороны по отношению к оси разрезаемой заготовки и, в конечном итоге, обеспечивает отрезку (разрезку) заготовок (профилей) под установленным углом. Внутри нижней части станины расположен бак для СОЖ и насосный агрегат для ее подачи в зону резания.



Рис. 36. Общий вид консольного ленточнопильного станка:

- 1 – станина; 2 – поддон; 3 – поворотная платформа; 4 – пильный узел;
 5 – устройство для регулировки натяжения пилы; 6 – зажимное устройство (тиски);
 7 – гидроцилиндр

3.3 Техническая характеристика станка модели МЕВAswing 230 G

Области пиления: круг $d = 230$ мм; прямоугольник $90^\circ - 300 \times 150$ мм.

Поворот налево: $45^\circ - d = 200$ мм; прямоугольник 200×200 мм.

Поворот $\pm 30^\circ$; $d = 90$ мм; прямоугольник 120×80 мм.

Остаточная длина заготовки до 20 мм.

Максимальный вес заготовки 200 кг/м.

Скорость пиления: 28, 56 м/мин.

Давление пиления: под воздействием собственного веса и амортизатора.

Подача: от 0 до 200 мм/мин – плавно.

Размер полотна: $2720 \times 27 \times 0,9$ мм.

Натяжение полотна: ручное, посредством маховика.

Масса станка: 230 кг (нетто).

Размеры станка: $840 \times 1420 \times 1230$ мм (длина – ширина – высота).

Рабочая высота: 735 мм, с ножками – 780 мм (опция).

Уровень шума: <70 dB(A).

3.4 Органы управления станком

Основные конструктивные элементы станка: кнопки «Пуск», «Общий стоп»; переключатель частот вращения электрического двигателя главного привода (скорости резания) и включения охлаждения; регулируемый упор с линейкой; маховичек привода зажимного устройства; рукоятка зажима (фиксации) поворотной платформы; рукоятка регулирования скорости подачи, рукоятка зажима левой (подвижной) направляющей; конечный выключатель (блокировка закрытого состояния защитного кожуха пильного узла); конечный выключатель (реле) контроля натяжения пильного полотна или его разрыва, рис. 37, 38.

3.5 Принцип работы станка

Особенностью кинематики ленточнопильного станка (рис. 35) является отсутствие коробок скоростей и подач. Главное движение резания – поступательное движение ленточной пилы сообщается индивидуальным 2-х скоростным асинхронным двигателем непосредственно ведущему шкиву. Станок имеет две скорости резания **$V = 28$ и 56 м/мин.**

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где D – диаметр приводного шкива, **300 мм**;
 n – частота вращения шкива об/мин.

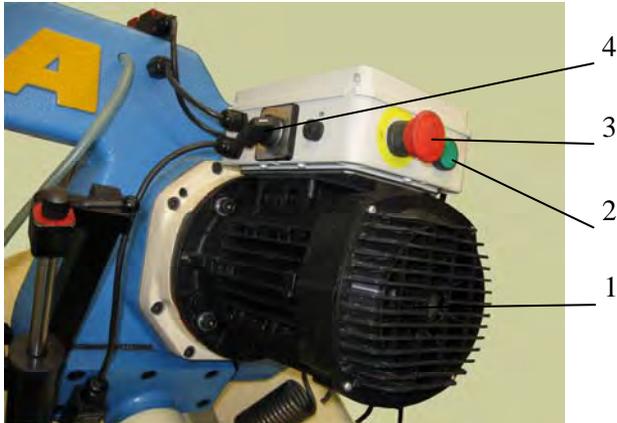


Рис. 37. Узел управления:

1 – электродвигатель; 2 – кнопка «пуск»; 3 – кнопка «стоп»;
 4 – ручка переключения скоростей резания



Рис. 38. Узел управления перемещением пильной рамы:

1 – гидроцилиндр; 2 – кронштейн крепления гидроцилиндра; 3 – рычаг управления перемещения пильной рамы; 4 – направляющая пластина

Движение подачи обеспечивается весом пильного узла. Станок оснащен гидроцилиндром (гидротормозом), который ограничивает скорость опускания пильной рамы **от 0 до 200 мм/мин – плавно**, предотвращая перегрузку и поломку режущих зубьев ленточной пилы, рис. 38.

3.6 Основные узлы и механизмы станка

3.6.1 Пильный узел

Пильный узел ленточнопильного станка состоит из рамы, двух шкивов, направляющих пилы, очистной щетки, системы подвода и подачи СОЖ, защитных кожухов, натяжного устройства.

Пильная рама изготовлена из чугуна. Она имеет ребра жесткости, которые компенсируют напряжения и деформации, возникающие в процессе пиления, сохраняют прямолинейность пильной рамы, уменьшают шум и вибрации.

На горизонтальном консольном станке пильная рама опирается на один гидроцилиндр, установленный с передней стороны станка. На станках порталной конструкции пильная рама перемещается по двум колоннам, по которым с помощью гидроцилиндра происходит подача пильной рамы, как на рабочих, так и на холостых режимах.

С точки зрения динамики процесса пиления это позволяет осуществлять плавное врезание пилы в заготовку, что особенно важно при порезке профильных заготовок типа тавров, уголков, швеллеров и др., избегая пиковых нагрузок на зубья и на полотно ленточной пилы. От жесткости пильного узла – важнейшего показателя ленточнопильного станка, зависят стойкость ленточных пил и качественные характеристики обработки.

3.6.2 Шкивы и направляющие ленточных пил

Шкивы горизонтальных ленточнопильных станков изготавливают из специального чугуна. Они устанавливаются на подшипниках и служат для размещения, направления, вращения и продольного движения ленточной пилы. Поверхность шкивов имеет цилиндрическую форму.

Ленточные пилы претерпевают много цикловые деформации скручивания и изгиба, проходя между ориентирующими роликами и направляющими пластинами из твердого сплава. Наибольшую

площадь соприкосновения пила имеет со шкивами. Уровень многоцикловых знакопеременных напряжений, возникающих в полотне пилы при работе, во многом зависит от размеров (диаметров) шкивов. Чем меньше диаметр шкивов, тем больше опасность усталостного разрушения ленточной пилы. Между задней стенкой ленточного полотна и ребордой шкива должен обеспечиваться постоянный зазор Δ не менее 0,1 мм, рис. 39.

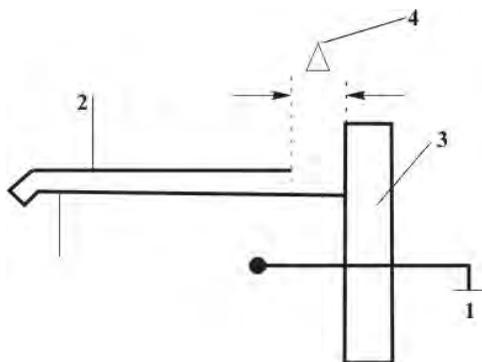


Рис. 39. Положение пилы на шкиве:
1 – шкив; 2 – пила; 3 – фланец; 4 – зазор

При ширине пил больше стандартной слишком велико будет «свисание» пилы со шкива, что приведет к потере устойчивости пилы и большим отклонением ее от прямолинейности при пилении. При заниженной ширине пилы режущие зубья будут прилегать к поверхности шкивов, что приведет к повреждению шкивов, а также к смятию разведенных зубьев пилы на шкивах и в направляющих, к уменьшению разводки зубьев и заклиниванию (с последующим разрывом) пилы в заготовке.

Например, как показано на рис. 40, при диаметре шкивов 300 мм, расстояние между шкивами должно быть не менее 1200 мм для того, чтобы обеспечить минимальную допустимую длину ленточной пилы $L_{\text{п}}$, рис. 40.

$$L_{\text{п}} = \pi (R_1 + R_2) + 2C .$$

Необходимо иметь в виду, что уровень усталостных напряжений в значительной степени зависит и от толщины пилы – с увеличени-

ем толщины пильного полотна усталостная прочность падает. В связи с этим необходимо применять только те размеры пил, которые указаны в техническом паспорте станка. Имеется определенное соответствие между толщиной используемых ленточных пил и диаметрами шкивов, табл. № 13.

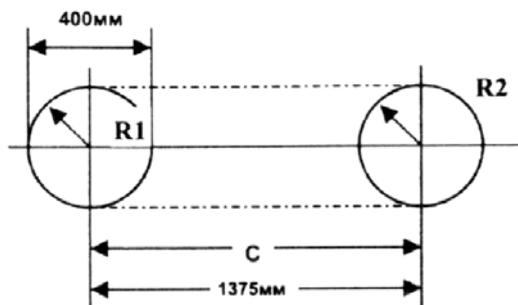


Рис. 40. Схема расчета длины пилы $L_{п}$

Таблица № 13. Соотношение толщина пилы – минимальный диаметр шкива

Толщина пилы, мм	0,8	0,9	1,06	1,27	1,60	1,90
Минимальный диаметр шкива	380	406	508	610	760	915

Важным моментом является то, что оси шкивов, установленных на станке, должны быть абсолютно параллельны, и выставлены в одной плоскости. Только в этом случае можно достигнуть высокого качества реза и стойкости пил. Отклонение шкивов от параллельности приводит либо к соскальзыванию пилы со шкивов (а), либо к врезанию спинки пилы во фланец шкива (б), что приводит к образованию трещин и разрыву пильного полотна в результате возникающих растягивающих напряжений, рис. 41.

Положение шкивов можно контролировать индикаторными головками на магнитных стойках с точностью измерения до 0,01 мм. Имеется также возможность регулирования их взаимного расположения.

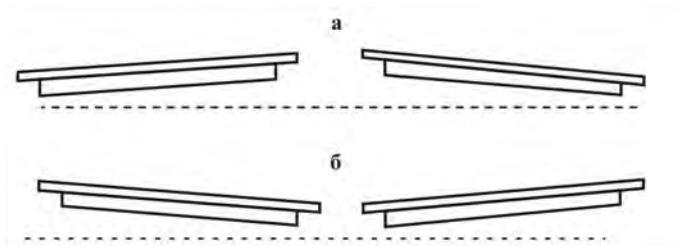


Рис. 41. Возможные отклонения шкивом от параллельности:
а – соскальзывание пилы; б – врезание спинки пилы во фланец шкива

3.6.3 Ленточнопротяжный механизм натяжной

Один из шкивов ленточнопильного станка является приводным, рис. 42. Он приводится во вращение двухскоростным асинхронным электродвигателем. Второй шкив – натяжной (подвижный), обеспечивает требуемое натяжение пильного полотна в пределах $150 \div 250 \text{ Н/мм}^2$, рис. 43.

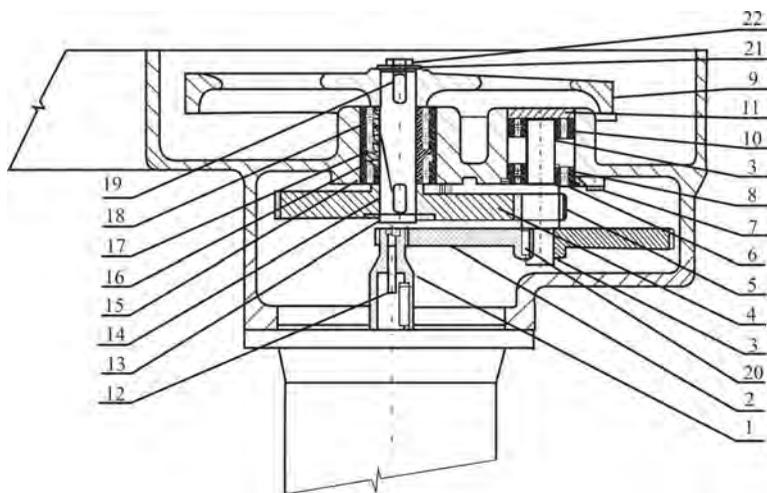


Рис. 42. Привод и приводной шкив станка 230G:

1 – малая шестерня; 2 – диск привода I; 3 – кольцо (3 шт.); 4 – диск привода II;
5 – зубчатый вал; 6 – крышка (2 шт.); 7 – винт DIN 558 M8×10 (6 шт.); 8 – подшипник
6204 2RS; 9 – приводной шкив; 10 – подшипник 6204 2RS; 11 – крышка подшипника;
12 – винт ISK M6×40; 13 – кольцо; 14 – вал; 15 – подшипник 6205 NR; 16 – кольцо;
17 – уплотнение вала; 18 – подшипник 6205 R; 19, 20 – шпонк DIN6885 8×7×20,
8×6×16; 21 – прокладка DIN 440 M10; 22 – винт SK M10×20

Натяжение полотна производится вручную винтовой передачей, рис. 43. Контроль натяжения пилы следует производить перед началом работы новой пилы, а затем – периодически через 5-8 часов работы. Для контроля натяжения пилы пользуются тензометром.

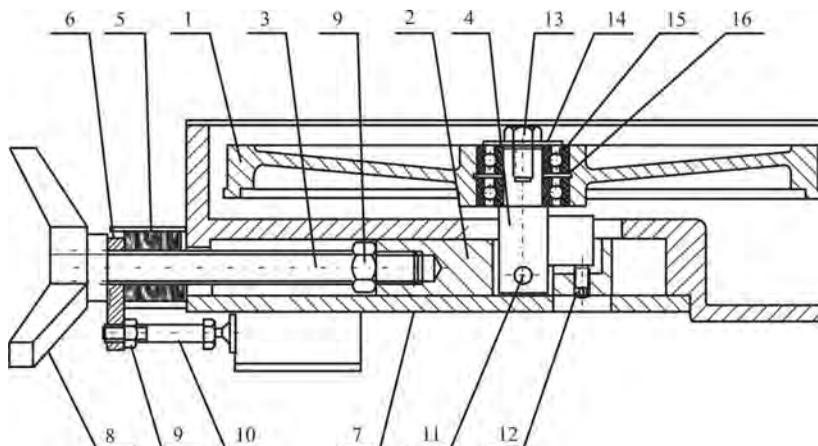


Рис. 43. Натяжной шкив станка 230G:

- 1 – натяжной шкив; 2 – направляющая; 3 – штанга с резьбой; 4 – вал;
- 5 – корпус пружинами; 6 – держатель концевого выключателя; 7 – крышка корпуса;
- 8 – рукоятка; 9 – гайка М8; 10 – установочный винт М8×30; 11 – штифт 8 × 50;
- 12 – установочный винт М8×20; 13 – установочный винт М10×20;
- 14 – прокладка М11; 15 – подшипник 6204; 16 – кольцо

Усилие натяжения ленты обеспечивается пакетом тарельчатых пружин. Жесткость пакета задается вращением рукоятки 8. При растяжении полотна пилы или разрыве полотна снижается усилие натяжения пакета пружин, жесткость уменьшается и происходит возврат предварительно деформированных тарельчатых пружин в исходное положение. Раскрытие пакета пружин, в конечном счете, приводит к смещению нажимной пластины 6 вместе с установочным винтом 10. Перемещение установочного винта 10 влево приводит к срабатыванию концевого выключателя и остановке электродвигателя привода главного движения.

Второй шкив – натяжной (подвижный), перемещение которого обеспечивает требуемое натяжение пильного полотна в пределах

150÷250Н/мм². Натяжение полотна производится вручную винтовой передачей. Контроль натяжения пилы следует производить перед началом работы новой пилы, а затем – периодически через 5-8 часов работы. Для контроля натяжения пилы пользуются специальным прибором – тензомером.

Таким образом, лентопротяжной механизм влияет на работоспособность пильного полотна, обеспечивает требуемые натяжение и жесткость, перпендикулярность реза. Этот механизм воспринимает усилие натяжения пил и дополнительные нагрузки в моменты затупления инструмента и отклонений от перпендикулярности реза. Воспринимаемая нагрузка при силе натяжения 250-300 Н/мм² зависит от параметров (высоты и толщины) полотна: 27×0,9 мм – 12 700 Н/мм²; 34×1,1 мм – 19 100 Н/мм²; 54×1,6 мм – 47 000 Н/мм²; 67×1,6 мм – 58 860 Н/мм².

3.6.4 Механизм подачи станка

Станок оснащен гидроцилиндром (гидротормозом), который ограничивает максимальную величину ручной подачи (самоподачи) пильной рамы, предотвращая перегрузку и поломку режущих зубьев ленточной пилы (рис. 38, 44)

Рабочие полости гидроцилиндра заполнены рабочей жидкостью (маслом). Принципиальная схема гидропривода консольного ленточнопильного станка, отвечающего за перемещение пильной рамы, представлена на рис. 44.

На шток этого гидроцилиндра опирается пильная рама, скорость опускания которой во время рабочей подачи регулируется с помощью встроенного дросселя 7, изменяющего величину давления и скорость перетекания масла из одной полости в другую.

При полностью закрытом дросселе пильная рама неподвижна и находится в верхнем положении. Она подпирается штоком гидроцилиндра. При повороте рукоятки управления (13) по часовой стрелке пильная рама начинает опускаться под действием своего веса. Скорость опускания регулируется рукояткой. Для увеличения скорости рукоятка поворачивается по часовой стрелке на больший угол, для уменьшения скорости рукоятка поворачивается против часовой стрелки.

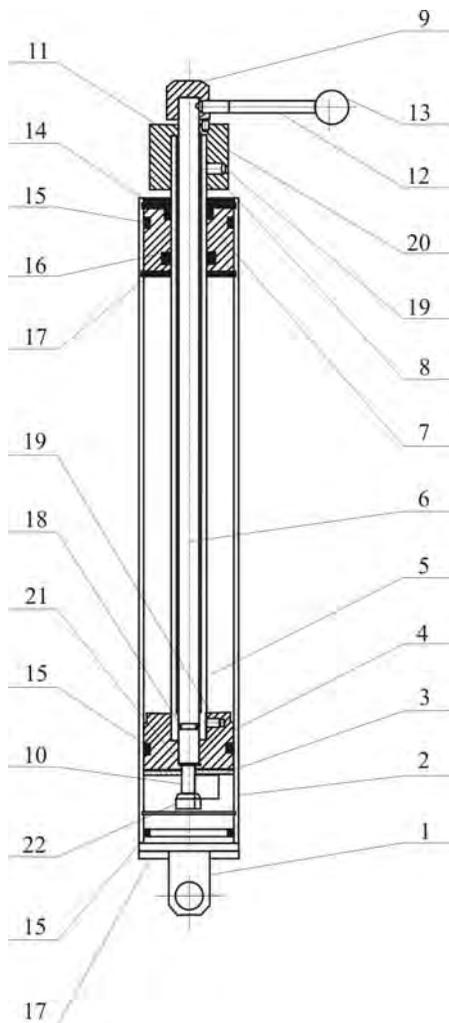


Рис. 44. Цилиндр рамы пилы станка модели 230G в сборе:

- 1-крышка нижняя; 2 – трубка цилиндра; 3 – заслонка клапана; 4 – поршень;
- 5 – штанга поршня; 6 – вал; 7 – крышка верхняя; 8 – держатель штанги колбы;
- 9 – переключатель; 10 – пружина заслонки клапана; 11 – наклейка шкалы;
- 12 – рычаг; 13 – рукоятка; 14 – кольцо манжета; 15 – O-кольцо (3 шт.);
- 16 – манжета; 17 – кольцо DIN472 (4 шт.); 18 – O-кольцо;
- 19, 20 – винты DIN 914 (3 шт.); 21 – кольцо DIN 471; 22 – гайка

Система привода подачи, относящаяся к конструкциям станков с рабочей подачей за счет силы тяжести (веса) пильной рамы, рис. 47, несовершенна, и не исключает полностью «микро провалы» в гидросистеме со всеми вытекающими последствиями.

Современные конструкции ленточнопильных станков предусматривают принудительную подачу пильной рамы «вверх-вниз» за счет использования гидроцилиндров двойного действия, что исключает самопроизвольное падение давления в гидросистеме станка и повышает стабильность его работы.

В ленточном пилении возможны схемы обработки с постоянным давлением подачи или с постоянной скоростью подачи. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. При постоянной скорости подачи, установленной исходя из режущих свойств пилы и обрабатываемости материала, возможно достижение максимальной производительности. Однако она обуславливает, что все параметры процесса в течение всего времени обработки остаются неизменными. Это возможно только при одиночной порезке заготовок постоянного сечения (квадрат, пластина).

При порезке наиболее часто встречающихся конфигураций заготовок (круг, труба, профильный прокат) в процессе обработки все время изменяется площадь поперечного сечения пропила, что ведет, в свою очередь, к изменению сопротивления резанию, и, следовательно, к изменению нагрузки на режущие зубья и полотно ленточной пилы. В случае ленточной отрезки с постоянной скоростью подачи эти нагрузки, на участках с максимальной площадью поперечного сечения (середина круга, основание тавра и т.д.) могут достигнуть значений, при которых возможен не только интенсивный износ режущих зубьев, но и их разрушение, и разрыв пильного полотна.

Отрезка с постоянным давлением подачи, допустимым при использовании определенной марки ленточной пилы, предохранит ее от преждевременного выхода из строя. В то же время прохождение участков заготовки с максимальной площадью сечения будет происходить относительно медленнее, увеличивая операционное время обработки.

3.6.5 Направляющие

Для ориентации ленточной пилы строго перпендикулярно поверхности разрезаемой заготовки служат специальные устройства,

называемые направляющие. Их задача – изменить положение пильного полотна, которое оно занимает на шкивах, повысить жесткость пильного полотна за счет возможного уменьшения длины его свободной части, поддерживать перпендикулярность пропила относительно заготовки в течение всего процесса обработки, рис. 45, 46.

Угол скручивания пильного полотна определяется углом наклона осей шкивов, т.е. пильного узла в вертикальной плоскости относительно стола станка, и составляет до 45° .

Правильное расположение направляющих и их конструктивные решения определяют качество пропила и долговечность ленточных пил.

Устройство направляющих состоит из двух узлов – это одна или две пары роликов (подшипников), расположенных близко к шкивам и предназначенных для гашения вибраций, предварительного скручивания полотна, а также блок направляющих пластин (рис. 45), для строгой ориентации полотна пилы перпендикулярно телу заготовки.

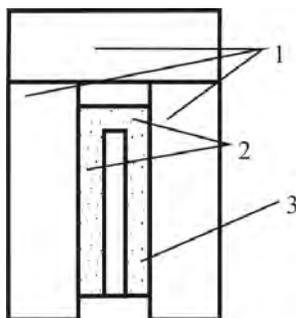


Рис. 45. Конструкция направляющих пилы:
1 – направляющие губки; 2 – пластины из твердого сплава;
3 – полотно пилы

Конструктивное требование к минимальному расстоянию от центра шкива до направляющей, обусловленное жесткостью пилы, рис. 46, и выражается соотношением, учитывающим толщину пилы и угол скручивания пильного полотна относительно положения на шкиве до перпендикулярного его направления относительно стола станка (мм).

Таблица № 14. Соотношение «толщина пилы – угол скручивания пильного полотна»

Толщина пилы, мм	0,8	0,9	1,06	1,27	1,65
Угол скручивания $\alpha = 45^{\circ}$	230	270	320	410	485

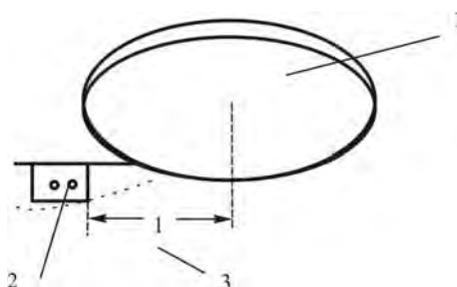


Рис. 46. Схема приводного шкива:

- 1 – приводной шкив с углом α ;
- 2 – неподвижная направляющая;
- 3 – расстояние от центра шкива до направляющей

Ленточнопильные станки имеют одну стационарную и одну подвижную направляющую (рис. 47, 48).

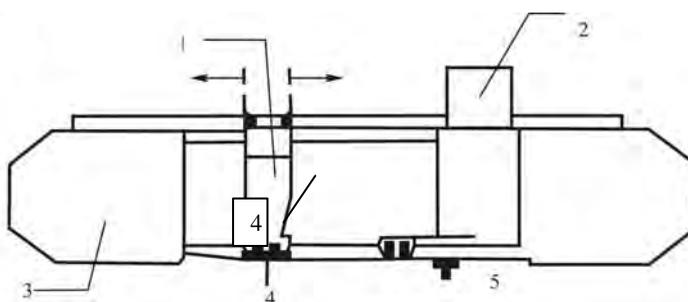


Рис. 47. Направляющие пилы:

- 1 – подвижная направляющая;
- 2 – колонны;
- 3 – кожух шкива;
- 4 – подвижный блок направляющей;
- 5 – неподвижная направляющая

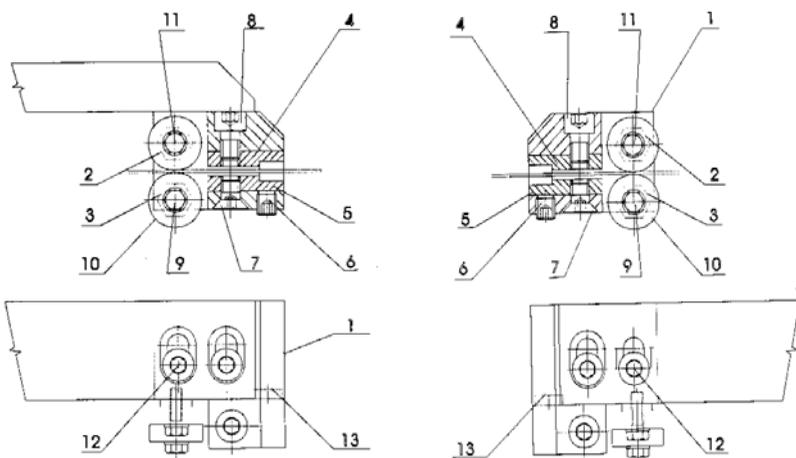


Рис. 48. Направляющий башмак (левый):

- 1 – направляющий башмак; 2, 3 – эксцентрики малый, большой;
 4, 5 – направляющие пластины; 6 – установочный винт; 7 – шайба;
 8, 9 – винты М8×12, М5×30; 10 – подшипник; 11, 12 – винты М5×16, М8×20;
 13 – твердосплавная пластина круглая

Приведенная схема расположения направляющих (рис. 47), обеспечивает достаточное пространство для перекручивания ленты. Полотно пилы на участке между шкивом и неподвижной направляющей перекручивается не слишком резко, а уровень возникающих напряжений не превышает его прочность. Такие условия скручивания исключают разрыв полотна.

Подвижные направляющие перемещаются вдоль пильной рамы на специальных блоках скольжения. Перемещение направляющих, как и регулировка просвета между твердосплавными пластинами, производится вручную.

Твердосплавные пластины, находящиеся в обойме, перемещаются на винтах, что позволяет изменять величину просвета между ними в соответствии с толщиной пилы. Расстояние между направляющими пластинами и пильным полотном должно быть минимальным, но пила не должна соприкасаться с пластинами. Последовательность действий при регулировке просвета в направляющих:

- отпустить стопорные винты;
- регулировочными винтами сблизить твердосплавные пластины до контакта с полотном пилы;
- отвернуть регулировочные винты на 0,5 оборота;
- зафиксировать положение пластин стопорными винтами.

Твердосплавные пластины направляющих устройств являются изнашиваемой деталью. При увеличенном зазоре между пластинами и полотном пилы происходит резкое возрастание вибрации полотна, увод пилы от перпендикулярности реза, быстрое затупление режущих зубьев.

Небольшие износы направляющих пластин компенсируются их регулировкой, которую обязательно следует производить при замене ленточных пил.

3.6.6 Система удаления стружки

Одна из причин износа направляющих связана со стружкой, которая затягивается пыльным полотном в имеющиеся зазоры. В связи с этим следует контролировать очистку пилы и правильную подачу СОЖ.

Система удаления стружки включает в себя очистную щетку, которая вращается за счет взаимодействия с зубьями движущейся ленточной пилы.



Рис. 49. Системы удаления стружек

По мере износа очистную щетку, крепящуюся на пыльной раме, следует перемещать и регулировать таким образом, чтобы она полностью заходила в межзубные впадины пилы для эффективной очи-

стки их от стружки, и в то же время не допускать врезания зубьев пилы в корпус крепления щеток. Станки оснащаются контейнером (поддоном) для сбора стружки.

3.6.7 Тиски и крепление заготовок

Тиски обычно изготавливаются из чугуна или стали. Основное их назначение – надежно фиксировать заготовку во время операции порезки.

На станках применены тиски замкового типа, обеспечивающие гарантированное усилие зажима за счет приложения горизонтальной и вертикальной составляющих усилия сжатия и строгого ориентирования положения заготовки параллельно столу станка. Зажим заготовок осуществляться вручную.

Если пиленю подвергаются тонкостенные трубы или профили с тонкими ребрами, то следует оснащать станок специальным устройством, регулирующим плавное изменение давления сжатия.

В современных моделях станков с автоматическим и числовым программным управлением возможна подача заготовки за один ход до 3000 мм и более (при общей длине заготовки $L \approx 10000-12000$ мм), но осуществляется она не стандартными транспортными (подвижными) тисками, а специальными, с удлиненным ходом подачи.

В ряде случаев существенным моментом пиления является способность наиболее полного использования обрабатываемой заготовки, т.е. возможность максимально сократить длину части заготовки, остающейся в тисках после отрезки последней мерной заготовки. Применение стационарных тисков с узкими губками позволяет несколько уменьшить длину последней мерной заготовки, но при этом появляется опасность ослабления крепления заготовки, что может повлиять на точность и качество отрезки.

Для уменьшения отходов при ленточном пилении в некоторых конструкциях станков применяют специальные тиски с двухсторонним креплением заготовки относительно места пропила. В этом случае длина остатка заготовки в тисках может составлять 30 – 40 мм.

К оборудованию для закрепления заготовок относятся также устройства для пакетной резки, представляющие собой дополнительный прижим сверху заготовок с помощью ручного, пневматического или гидравлического привода.

Важным этапом технологического процесса отрезки является размещение и крепление разрезаемых заготовок с переменным профилем и тонкими стенками. При порезке сплошных заготовок общий принцип правильного их размещения – это уменьшение длины резания для снижения нагрузки на пильное полотно. Если длина резания велика, то рекомендуется резка под углом, т.е. заготовка устанавливается наклонно с помощью опоры (рис. 50).

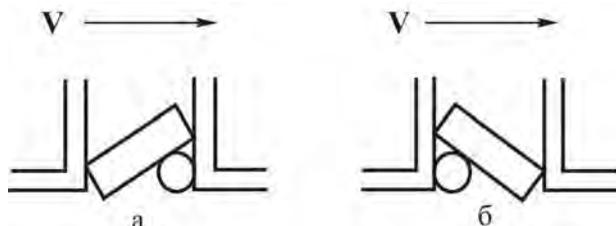


Рис. 50. Схема закрепления заготовок:
V – направление движения пилы; а – правильное; б – неправильное

Если заготовка расположена наклонно, как показано на рис. 50, то при углах наклона более 45° (относительно полотна пилы), необходимо зачистить напильником место врезания пилы в заготовку, чтобы не происходило скольжение зубьев и смятие их режущих кромок. Также следует зачистить участок врезания пилы при наличии на поверхности заготовок ржавчины или окалины.

При порезке профильных заготовок рекомендуется использовать определенные схемы их закрепления, рис. 51.



Рис. 51. Схемы размещения заготовок:
а – правильная; б – неправильная

При разрезке труб с очень тонкими стенками должно выполняться условие, при котором минимум 2 зуба должны одновременно участвовать в резании. При этом производительность порезки этих труб должна быть не более 0,5 от производительности порезки прутков того же диаметра.

Для улучшения условий порезки тонкостенных труб и профилей рекомендуется использовать амортизационные (резиновые) вставки, как показано на рис. 52, чтобы обеспечить необходимое усилие зажима заготовок без их деформации.

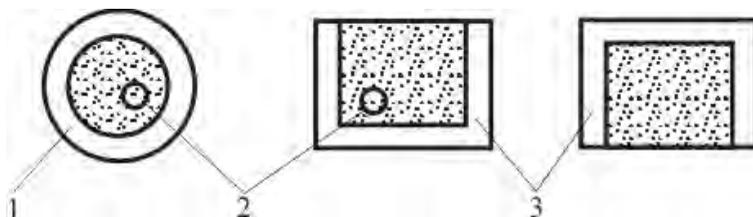


Рис. 52. Применение амортизационных вставок:

1 – тонкостенная труба, 2 – амортизационные вставки, 3 – тонкостенный профиль

При пакетной (групповой) резке профильного проката, а также труб и прутков, необходимо соблюдать основные правила укладки заготовок в тиски ленточно-отрезного станка:

- пакет не должен быть выше габарита зажимных губок тисков;
- предпочтительна укладка пакета с большим размером по горизонтали в направлении подачи ленточной пилы;
- при разрезке профильного проката и труб в пакетах не допускается ослабление фиксации отдельных заготовок, их взаимное смещение или вибрации в процессе резания.

При затруднительном стружкоудалении, вызванном большим количеством стружки, накапливающимся в стружечных канавах, основным принципом связи является прямоугольная форма с наиболее эффективным соотношением 3:4 (рис. 53).

Такая схема позволяет не только оптимально разместить заготовки, но и осуществлять промежуточный выброс стружки в зоне деревянного бруска. В случае формирования пакета из большого количества заготовок малых диаметров (6 – 20 мм) применяется сварка задних концов прутков. При этом фиксируется положение каждого прутка, предотвращается их взаимное смещение и, тем самым, гарантируется высокая точность отрезки. На практике встречаются различные варианты размещения и фиксации заготовок с использованием обойм, хомутов, направляющих и др., целью

которых является обеспечение ранее оговоренных условий пакетной резки.

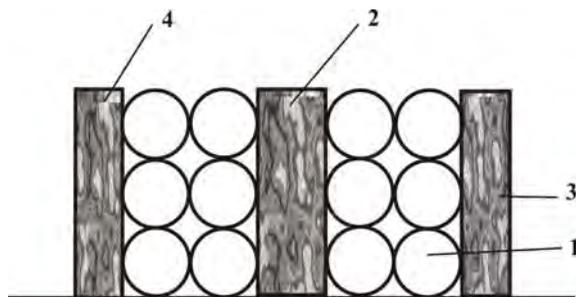


Рис. 53. Схема укладки заготовок в пакет:
1 – заготовки; 2 – деревянный брусок; 3 – губки тисков

В общем случае целесообразность пакетной резки определяется исходя из конкретных условий технологического процесса ленточного пиления: времени формирования пакета, определенного времени отрезки одной заготовки и всего пакета, требуемой точности отрезки, трудоемкости вспомогательных операций и т.д.

Правильно выбранная схема технологического процесса ленточного пиления позволит не только подобрать требуемую модель ленточного станка, но и дополнительную оснастку, что, в итоге, определяет эффективность данного метода обработки.

3.7 Содержание лабораторной работы

1. Изучить назначение и технологические возможности станка.
2. Ознакомиться с основными узлами и органами управления станком.
3. Ознакомиться с техническими характеристиками станка.
4. Изучить принцип работы станка.
5. Изучить конструкцию основных узлов и механизмов станка.
6. Произвести настройку станка на разрезку заготовки конкретного профиля под прямым углом и углом 10° к оси.
7. Произвести разрезку.
8. Составить отчет о выполненной работе.

3.8 Вопросы к защите лабораторной работы

1. Технологические возможности ленточнопильного станка.
2. Методы разрезки заготовок.
3. Движения в станке.
4. Основные узлы станка.
5. Основные механизмы станка.
6. Основные этапы настройки ленточнопильного станка.

3.9 Форма отчета

Отчет

по лабораторной работе № 3.

«Ленточнопильный станок МЕВAswing 230 G»

студента группы _____ машиностроительного факультета

Содержание отчета:

1. Данные о заготовке: материал, диаметр, длина, форма.
2. Данные о ленточной пиле.
3. Режимы резания: скорость резания, глубина резания, СОЖ.
4. Схема обработки.

Литература

1. Краткий справочник специалиста ленточного пиления. – Минск : ООО «ВИ-МЕНС», 2009. – 28 с.
2. Элимелах, С. З. Технология ленточного пиления / С. З. Элимелах. – Минск : ООО «ТМ АРГО-Графико», 2006. – 135 с.
3. Фельдштейна, Э. И. Обрабатываемость сталей / Э. И. Фельдштейна. – М. : Машгиз, 1953. – 254 с.
4. Клушин, М. И. Резание металлов / М. И. Клушин. – Горький, 1967. – 166 с.
5. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием : справочник / под ред. С. Г. Энгелиса, Э. М. Берлинера. – М. : Машиностроение, 1986.

Учебное издание

МАРКЕВИЧ Юрий Русланович
СИЗОВ Сергей Васильевич
ЯКИМОВИЧ Александр Максимович
ДЕЧКО Эдуард Михайлович

ОСНОВЫ ЛЕНТОЧНОГО ПИЛЕНИЯ И СТАНКИ

Учебно-методическое пособие
для лабораторных работ

Технический редактор *О. В. Песенько*

Подписано в печать 19.05.2014. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 3,64. Тираж 75. Заказ 986.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.