

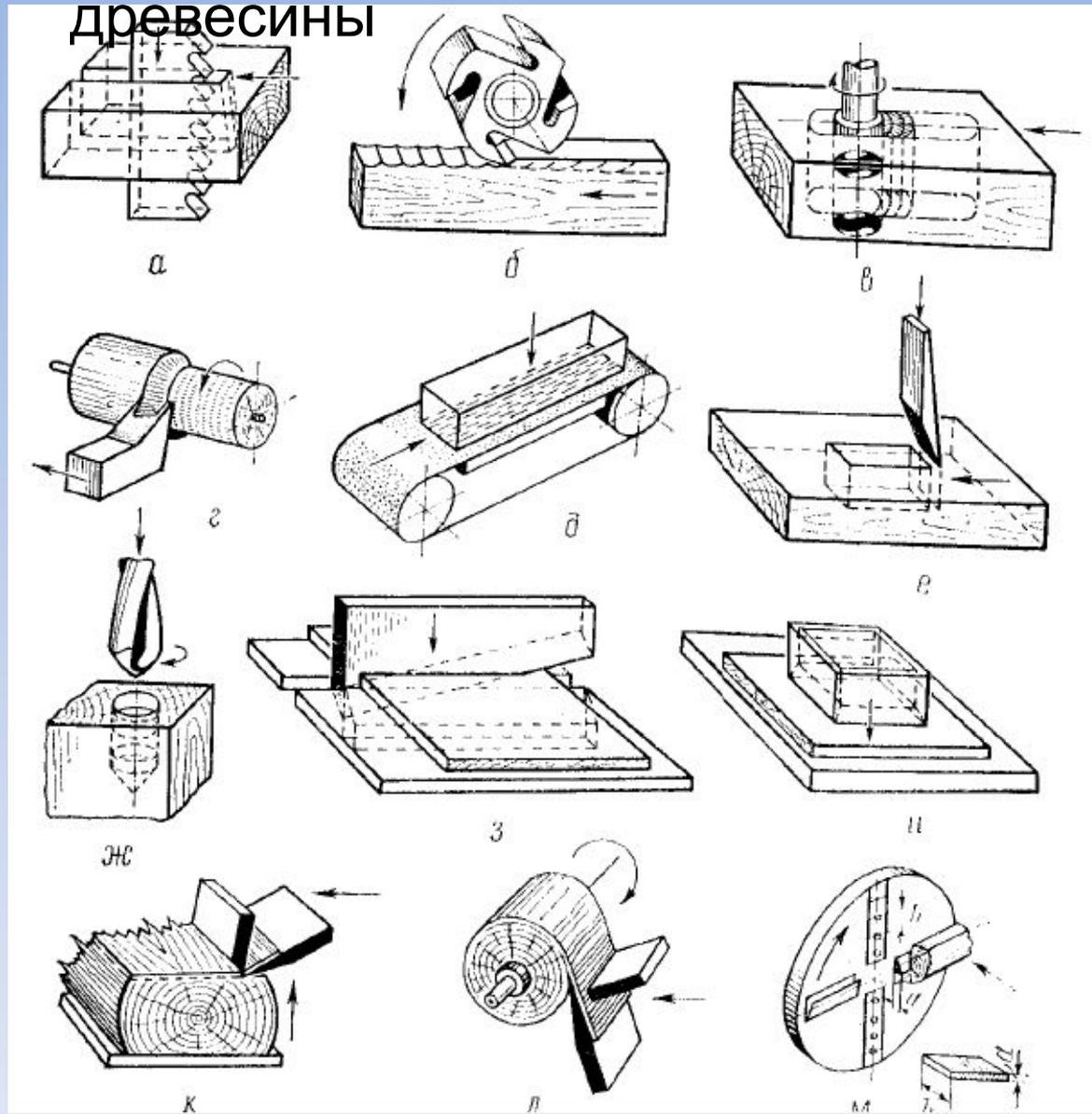
Дереворежущи

е

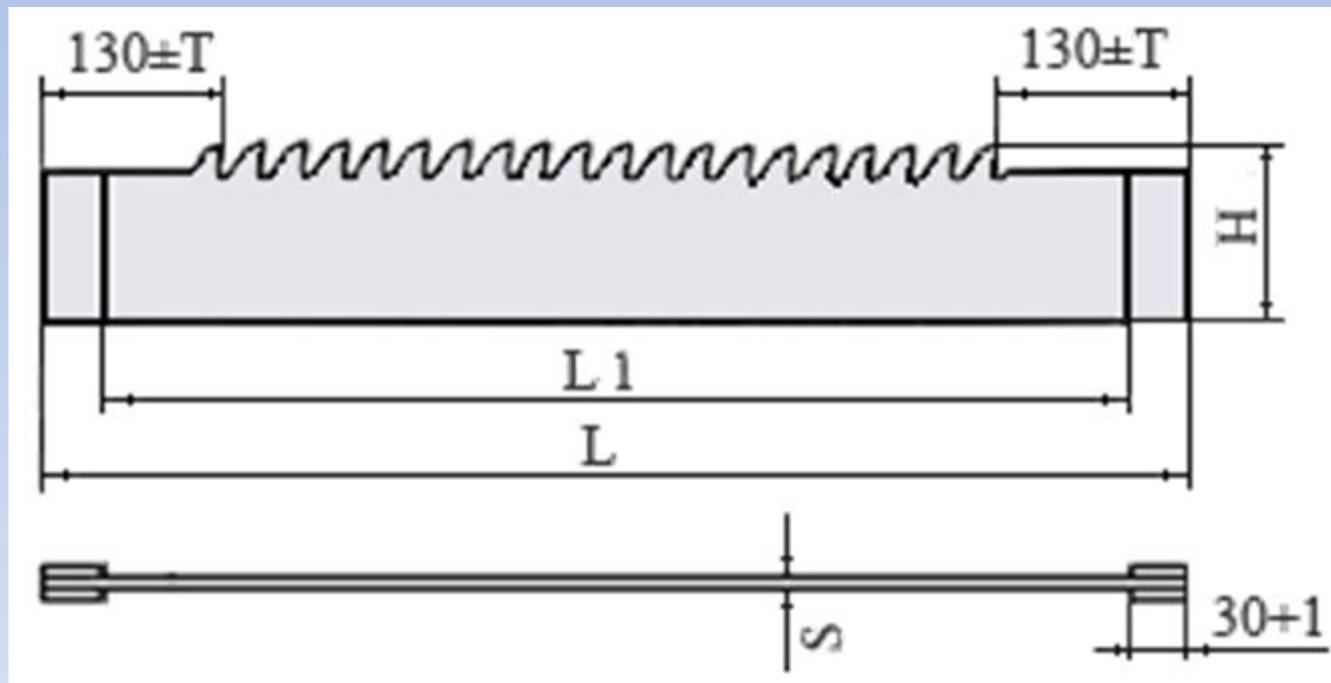
инструменты

Станочные виды резания

древесины



Рамные пилы



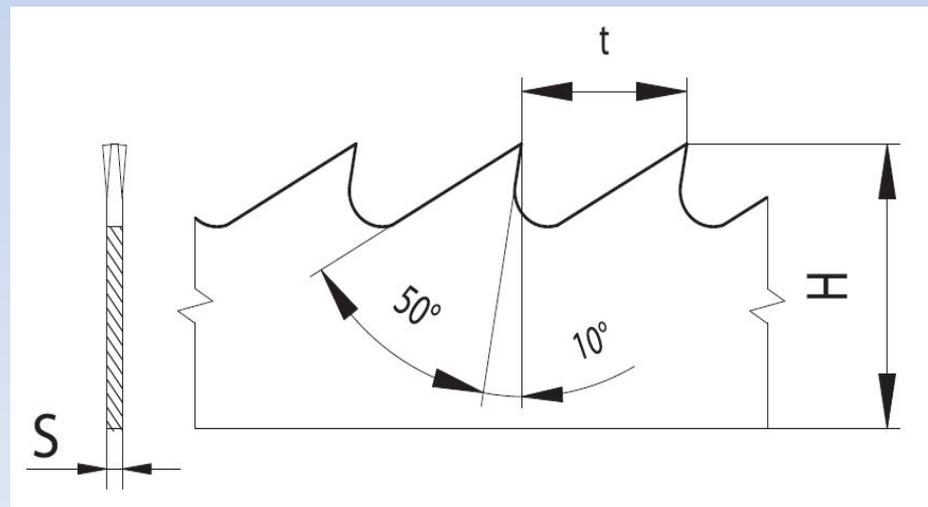
Ленточные

пилы

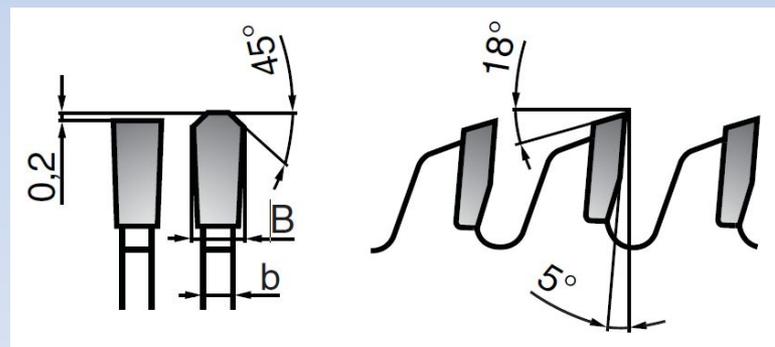
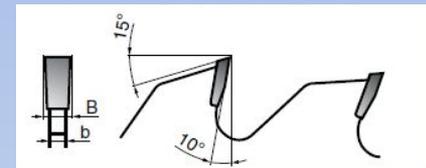
Широкие ленточные пилы
(80-206 мм.)



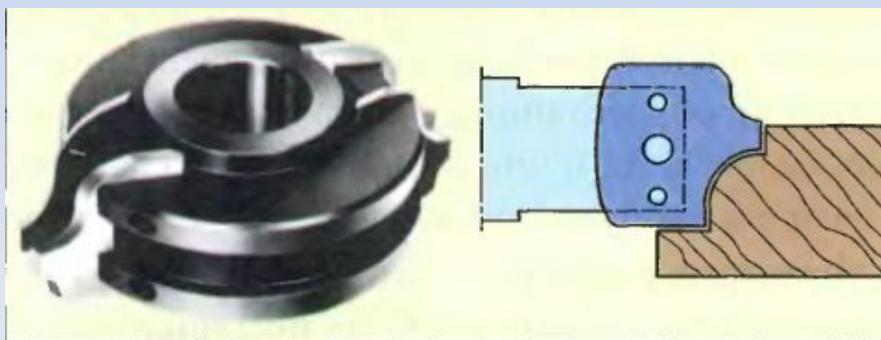
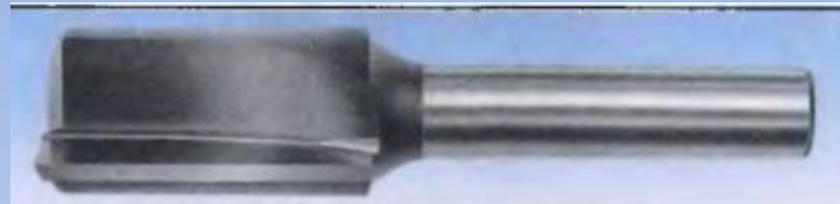
Узкие ленточные пилы (32-
50 мм.)



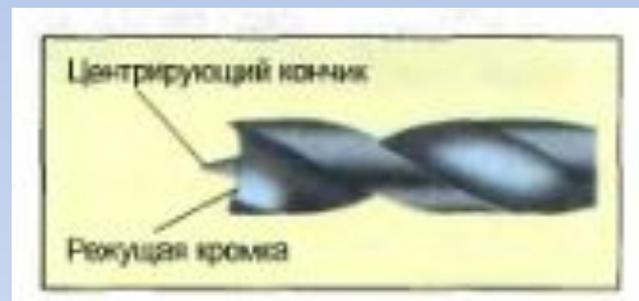
Круглые и дисковые пилы



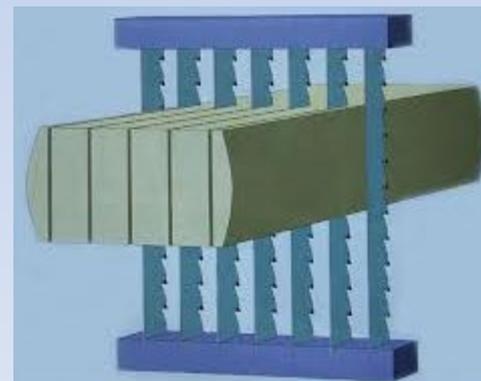
Фрезы насадные и концевые



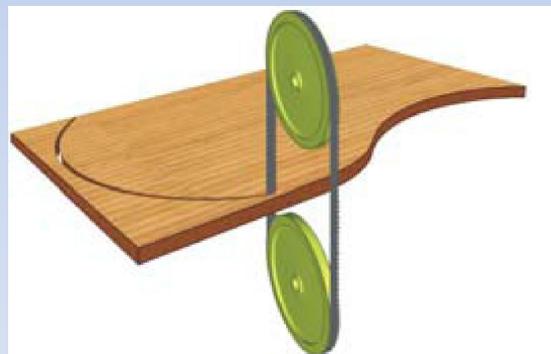
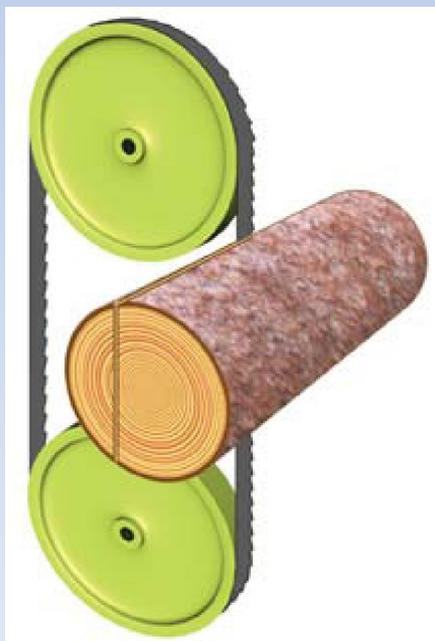
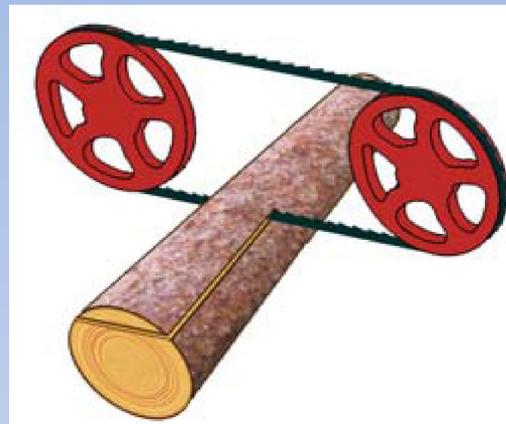
Сверл а



Лесопильное оборудование Лесопильная рама



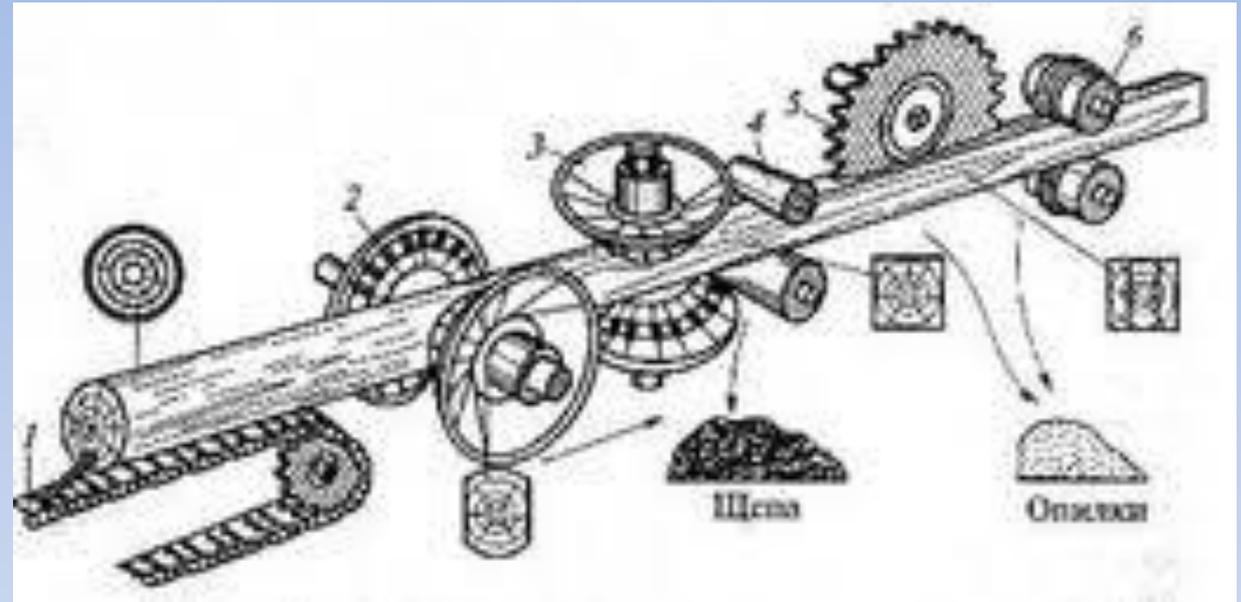
Ленточнопильные станки



Многопильные круглопильные станки



Фрезерно-брусующие станки



КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Все **дереворежущие инструменты** являются рабочими орудиями для разрушения связей между частицами обрабатываемой заготовки из древесины или древесного материала. Это разрушение должно происходить строго по заданной поверхности, так как целью процесса резания является получение изделия или полуфабриката требуемых размеров, формы и шероховатости обработанных поверхностей. Традиционные режущие инструменты всегда имеют **лезвие** и **корпус**.

Лезвие — рабочая часть инструмента в виде твердого клинообразного элемента, непосредственно проникающего в материал заготовки и разрушающего связи между ее частицами. В ряде случаев инструменты снабжены устройствами для закрепления и регулировки положения лезвий, ограничительными и др.

Корпус (крепёжная часть) служит для объединения лезвия и других элементов инструмента в единую конструкцию и обеспечивает закрепление инструмента на станке.

Режущие инструменты бывают **ручные**, **электрифицированные** и **станочные**.

Классификация станочных дереворежущих инструментов

Признак классификации	Варианты признака	Отличительная особенность
1. Форма и число режущих элементов	1.1. Лезвийный	Число и форма режущих элементов (лезвий) заданы точно
	1.2. Абразивный	Число и форма режущих элементов (абразивных зерен) жестко не заданы
2. Форма корпуса	2.1. Дисковый	Корпус в форме тела вращения, длина которого вдоль оси существенно меньше его диаметра
	2.2. Цилиндрический	Корпус в форме тела вращения, длина которого вдоль оси сопоставима с его диаметром или больше
	2.3. Пластинчатый	Корпус в форме пластины
	2.4. Ленточный	Корпус в форме бесконечной ленты

Признак классификации	Варианты признака	Отличительная особенность
3. Форма крепежной части корпуса	3.1. Насадной	Крепежная часть корпуса в виде отверстия
	3.2. Хвостовой	Крепежная часть в виде цилиндрического или конического стержня (хвостовика)
4. Способ соединения лезвия с корпусом	4.1. Цельный	Лезвия и корпус изготовлены из монолитной заготовки
	4.2. Составной	Неразъемное соединение лезвия с корпусом
	4.3. Сборный	Разъемное соединение лезвия с корпусом
5. Технологическое назначение	5.1. Пила	Раскрой заготовки на части
	5.2. Фреза	Обработка плоских и профильных поверхностей
		Обработка пазов и гнезд
	5.3. Токарный резец	Обработка деталей в форме тел вращения
	5.4. Сверло	Обработка сквозных и глухих отверстий
	5.5. Зенкер	Изменение формы, повышение точности и увеличение диаметра отверстий
	5.5. Ножи	Обработка плоских и профильных поверхностей
		Получение шпона
		Получение щепы и стружки-продукта
5.6. Шлифовальная шкурка	Чистовая обработка плоских и профильных поверхностей	
5.7. Комбинированный инструмент	Инструменты различного технологического назначения, соединенные в единое целое на общей крепежной части	

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТАНОЧНОМУ ИНСТРУМЕНТУ

Все станочные режущие инструменты должны отвечать ряду технологических и эксплуатационных требований.

Технологические требования (простота и точность изготовления, минимальное применение ручных слесарных операций и т. п.) наиболее важны для изготовителей инструмента. При этом выбор технологичной конструкции позволяет снизить стоимость инструмента, тем самым повысив его привлекательность для потребителей.

Эксплуатационные требования (безопасность, высокая производительность обработки, обеспечение требуемой точности и качества обработанной поверхности детали, надежность инструмента) определяют качество инструмента и крайне важны для потребителей. Рассмотрим эти требования подробнее.

При обязательном наличии ограждающих устройств и строгом соблюдении рабочим правил техники безопасной работы на станке, инструмент не должен представлять угрозу для здоровья и тем более для жизни рабочего. Большинство станочных дереворежущих инструментов работают с высокой частотой вращения n (от 3000 до 30 000 мин¹). Это создает угрозу разрушения инструмента или вылета лезвия при совместном действии центробежных сил и сил резания.

Кроме того, высокая частота вращения является причиной недопустимо высоких вибраций и уровня шума при резании, отрицательно влияющих на здоровье рабочих. Для уменьшения шума и вибраций следует тщательно уравнивать (баланси́ровать) инструмент при его изготовлении и проверять баланс в процессе эксплуатации.

Такие эксплуатационные требования, как производительность, качество и точность обработки, взаимосвязаны. Их взаимосвязь подробно изучается в теории резания. Она очень важна для определения одного из важнейших параметров инструмента — числа зубьев. И мы повторим уже известные зависимости.

Для повышения производительности обработки следует увеличивать скорость подачи V_g . Дереворежущие станки чаще всего позволяют легко настраивать требуемую скорость подачи в довольно широком диапазоне 6...40 м/мин, а наиболее производительные — до 120...200 м/мин.

$$V_s = \frac{S_z Z n}{1000}$$

Как видно из приведенной формулы, при одном и том же инструменте (число зубьев Z , неизменно) и станке (частота вращения шпинделя n большинства дереворежущих станков не регулируется) повышение скорости подачи приведет к увеличению подачи на зуб S_z и толщины срезаемого слоя a . Вследствие этого ухудшится шероховатость обработанной поверхности, увеличится сила резания и снизится точность обработки.

При этом последовательность действий следующая:

- по учебнику или справочникам выбирается подача на зуб S_z , обеспечивающая требуемое качество обработки;
- по формуле рассчитывается скорость подачи V_s для конкретных значений n и Z

Надежность — комплексный показатель режущего инструмента, в значительной мере определяющий его качество. Это довольно сложное понятие и основой для ее оценки служит механизм потери дереворежущим инструментом работоспособного состояния. Но даже обычный житейский опыт подсказывает, что важнейший показатель надежности - стойкость режущего инструмента - зависит в первую очередь от материала и геометрии лезвия.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Корпуса и лезвия инструмента, как правило, изготавливают из разных материалов. Для корпусов, элементов крепления и регулировки лезвий обычно используют более дешевые конструкционные материалы. Исключение составляют цельные инструменты, доля которых в общей массе инструмента имеет тенденцию к снижению.

Для изготовления корпусов составного и сборного инструмента чаще всего применяют традиционные конструкционные стали, а в последнее время и легкие прочные сплавы.

Лезвия изготавливают из инструментальных материалов, которые должны обладать следующими свойствами:

Прочностью — достаточно высокой, с тем чтобы исключить возможность выкрашиваний и поломок лезвий. При этом нужно обращать внимание не только на предел прочности на изгиб, но и на усталостную прочность и ударную вязкость.

Твердостью — существенно превышающей твердость обрабатываемого материала и обеспечивающей достаточную стойкость к истиранию.

Теплостойкостью, характеризуемой сохранением прочности, твердости и износостойкости материала при высоких температурах.

Устойчивостью к коррозии, что особенно важно при резании сырой древесины, когда на износостойкость существенное влияние может оказывать электрохимическая коррозия.

Технологичность. Для изготовителей режущего инструмента важны такие технологические свойства инструментальных материалов, как возможность обработки резанием и давлением, отсутствие затруднений при термической обработке, хорошая шлифуемость после закалки и отпуска.

В настоящее время в качестве инструментальных материалов применяют стали (углеродистые, легированные и быстрорежущие), твердые сплавы, минералокерамические и синтетические сверхтвердые материалы. Кратко охарактеризуем их.

Углеродистые стали (сплав железа и углерода), еще недавно служившие основным инструментальным материалом, и сегодня еще находят применение для изготовления ленточных пил и рубильных ножей. Отечественные марки углеродистых сталей обозначают буквой У и числом, соответствующим содержанию углерода в десятых долях процента. Так, У8А — марка качественной (об этом свидетельствует буква А) углеродистой стали с содержанием углерода 0,8%. Чем больше углерода в стали, тем выше ее прочность, но ниже пластичность. Теплостойкость углеродистых сталей невысока — около 200°C.

Легированные стали, кроме железа и углерода, содержат специальные легирующие добавки, введение которых в определенных сочетаниях и количестве позволяет изменять структуру сплавов и управлять их физико-механическими свойствами (таблица). Сталь может быть легирована одним или несколькими элементами. При суммарном содержании легирующих элементов до 2,5% сталь считают *низколегированной*, при содержании от 2,5 до 10% — *среднелегированной* и при содержании свыше 10% — *высоколегированной*.

Теплостойкость низколегированных инструментальных сталей 200-250°C, среднелегированных — до 400-500°C.

Легированные стали маркируют по буквенно-цифровой системе. Первое число, как и для углеродистых сталей, обозначает содержание углерода в десятых долях процента.

Если перед буквой число отсутствует, то содержание углерода более 1%. Буквы обозначают основные легирующие добавки, а цифры за ними — содержание легирующего элемента в целых процентах. Если содержание легирующего элемента менее 1%, цифры после буквы не ставят.

Легирующие элементы и их влияние на свойства стали:

Хром (Cr) является присадкой, широко используемой в производстве инструментальной стали для повышения предела ее прочности, предела упругости, твердости и износоустойчивости. Кроме того, хром препятствует росту зерен, т. е. снижает чувствительность к перегреву и повышает устойчивость против коррозии. В инструментальной стали хром образует твердые карбиды, которые повышают ее режущие свойства. Однако, как и углерод, хром понижает пластичность стали. Для стали пил содержание хрома в связи с этим не превышает 1%. В то же время для таких инструментов, как фрезы и ножи, содержание хрома достигает до 12%.

Вольфрам (W) уже в небольших количествах повышает твердость, предел прочности и улучшает режущие свойства стали, не снижая ее пластичности. Вольфрам способствует получению мелкозернистой стали и повышает ее теплоустойчивость.

В малолегированной стали для дереворежущего инструмента содержание вольфрама колеблется в пределах 1-2%. Повышение содержания вольфрама улучшает режущие способности инструмента.

Никель (Ni) увеличивает пластичность стали, несколько снижая ее твердость. К стали для дереворежущего инструмента никель добавляют в количестве 1-1,5% в тех случаях, когда необходима пластичность металла (например, к пиловым сталям).

Ванадий (V) является одной из наилучших специальных примесей инструментальной стали. Даже малое количество ванадия повышает прочность, упругость, твердость, а также пластичность стали. Ванадий рафинирует металл, сообщает стали мелкозернистость, а также предохраняет от чрезмерного роста зерна при перегреве. В малолегированной стали для дереворежущего инструмента ванадий обычно содержится в количестве не более 0,3%..

Молибден (Mo) по своим свойствам является равноценным вольфраму, однако действие его сказывается более сильно. Его содержание в стали в незначительных количествах повышает режущие свойства и твердость, не снижая пластичности. Молибден препятствует появлению трещин.

Кобальт (Co), добавляемый к инструментальным сталям, улучшает их механические и режущие свойства. Значительно повышает пластичность и износостойчивость. Однако кобальтовые стали весьма чувствительны к перегреву при термической обработке. Кобальт является связующим веществом в твердых сплавах, придавая последним необходимую пластичность.

Быстрорежущие стали — это, как правило, высоколегированные стали, химический состав которых и специальная термическая обработка обуславливают их высокую теплостойкость (сохранение твердости и режущей способности при нагреве до 600 - 650°C). Наиболее распространены вольфрамовые быстрорежущие стали. Их маркируют буквой «Р» с цифрой, обозначающей содержание вольфрама в процентах. Следующие буквы с цифрами обозначают содержание прочих легирующих элементов. Например, сталь марки Р6М5 — быстрорежущая, с содержанием 6% вольфрама и 5% молибдена. Зарубежные фирмы обозначают быстрорежущие стали буквами HSS. Стойкость лезвий из быстрорежущей стали приблизительно в пять раз выше стойкости лезвий из легированной стали.

Кроме традиционных быстрорежущих сталей, получаемых плавкой, в последнее время освоено производство порошковых быстрорежущих сталей, имеющих более высокие режущие свойства за счет существенного уменьшения неметаллических включений, особой мелкозернистой структуры и большего содержания (до 45%) легирующих элементов. В маркировке этих сталей в конце ставятся буквы МП, например Р6М5-МП.

Состав и область применения некоторых наиболее распространенных в производстве дереворежущего инструмента марок сталей приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристика сталей

Характеристика некоторых инструментальных сталей

Тип	Марка	Химический состав (средний), %							Твердость, HRCэ	Назначение	
		C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo			
Углеродистая улучшенная	У10А	1,00	0,30	0,25	0,15				38–43	Пилы ленточные	
									60–63	Ножи рубильные	
Хромованадиевая	9ХФ	0,90	0,50	0,25	0,50			0,25	40–45	Пилы	
									58–60	Ножи	
	9ХФМ	0,90	0,50	0,25	0,50			0,25	0,20	41	Пилы
Хромистовольфрамованадиевая полутеплостойкая	Х6ВФ	1,10	0,30	0,25	6,00	1,30	0,50			58–60	Фрезы
Быстро-режущая	Р6М5	0,85			4,00	6,00	2,00	5,00		60–65	Фрезы, сверла, токарные резцы
	Р9	0,90			4,00	9,00	2,30	1,00		60–63	

Твердые сплавы достаточно широко вошли в деревообработку с появлением труднообрабатываемых древесных материалов — древесно-стружечных (ДСтП) и древесно-волоконистых (ДВП, МБР) плит, бумажно-слоистых пластиков и др. Наибольшее применение нашли **металлокерамические** и **литые** твердые сплавы.

Вольфрамкобальтовые *металлокерамические твердые сплавы*, применяемые для изготовления дереворежущего инструмента, получают спеканием прессованных порошков карбидов вольфрама (WC) с металлическим кобальтом (Co), служащим связкой. Отечественные марки твердых сплавов этого типа обозначают буквами ВК и цифрой — содержанием кобальта в процентах. Буквы в конце маркировки характеризуют размер зерен порошков: В — крупнозернистый сплав с размером зерен карбидов 3-5 мкм; М — мелкозернистый сплав с размером зерен 0,5-1,5 мкм; ОМ — особо мелкозернистые сплавы, не менее 70% зерен карбидов которых имеют размер меньше 1 мкм. В сплавах средней зернистости (от 3,0 до 1,5 мкм) буквы в конце марки не ставятся. Например, марка ВК15 означает сплав средней зернистости, содержащий 15% кобальта и 85% карбида вольфрама, марка ВК10 ОМ — особо мелкозернистый сплав с 10% Co и 90% WC. Зарубежные фирмы используют свои обозначения твердых сплавов, но, как правило, на инструменте можно видеть только две буквы — НМ (Hard Metal).

К *литым твердым сплавам* относятся *стеллиты* и *сормаиты*. Стеллиты марок ВЗКР и ВЗК представляют сплавы на кобальтовой основе, а сормаиты марок № 1 и № 2 — сплавы на железистой основе (таблица).

Литые твердые сплавы наплавляют на кончик лезвия электродуговой или газовой сваркой. Износостойкость сплавов ВЗК в 3 - 4 раза, а ВЗКР - в 6-7 раз выше износостойкости легированных сталей. Чаще всего литые сплавы применяют для повышения стойкости рамных, ленточных и тонких круглых пил, конструктивные особенности которых наряду с особенностями их работы не позволяют использовать пластины металлокерамических твердых сплавов.

Химический состав литых твердых сплавов

Марка сплава	Содержание основных элементов, %							
	Кобальт	Железо	Углерод	Хром	Вольфрам	Марганец	Никель	Кремний
Стеллит ВЗКР	45	2	1,8	28–32	9	0,4–1,2	0,1–0,2	0,5–1,2
Стеллит ВЗК	28–32	2	1,2	28–32	28–32		0,5–2,0	2,0–2,7
Сормайт № 1		56	4	30		2	4	4
Сормайт № 2		78	2	15		1	2	2

Минералокерамические инструментальные материалы по твердости и теплостойкости превосходят даже твердые сплавы, однако существенно уступают им по прочности на изгиб.

Основой большинства минералокерамических инструментальных материалов является глинозем (оксидная керамика Al_2O_3).

Промышленностью освоен выпуск неперетачиваемых многогранных минералокерамических пластин для металлорежущих токарных резцов и торцовых фрез. В производстве дереворежущего инструмента минералокерамика пока не применяется вследствие низкой прочности.

Синтетические сверхтвердые материалы подразделяются на имеющие в качестве основы кубический нитрид бора (КНБ) и материалы на основе алмаза. Как и минералокерамика, синтетические инструментальные материалы отличаются высокой твердостью, тепло- и износостойкостью, но малой прочностью. Они выпускаются в виде цилиндрических заготовок, предназначенных для неразъемного соединения с корпусом.

Несмотря на высокую стоимость и сложность заточки, инструменты, оснащенные сверхтвердыми материалами, постепенно находят все более широкое применение в деревообработке. Целый ряд зарубежных и отечественных фирм выпускают дисковые пилы и фрезы для раскроя и обработки кромок щитов из облицованных пластиком ДСтП, MDF, ЦСП.

**Физико-механические свойства
наиболее распространенных отечественных марок
инструментальных материалов**

Марка	Плотность, г/см ³	Твердость	Прочность при изгибе, МПа	Ударная вязкость, кДж/м ²	Предел выносливости, МПа	Теплостойкость, °С
Углеродистая сталь						
У10	7,81	63–65 HRCэ	2380	200	—	200–250
Легированные инструментальные стали						
9XC	7,83	63–66 HRCэ	2200	250		240–250

Марка	Плотность, г/см ³	Твердость	Прочность при изгибе, МПа	Ударная вязкость, кДж/м ²	Предел выносливости, МПа	Теплостойкость, °С
XBG	7,83	63–66 HRCэ	3400			200–220
X6BФ	7,83	59–61 HRCэ	3150		800	400–500
X12Ф1	7,83	63–65 HRCэ	3040	295		490–510
Быстрорежущие стали						
P6M5	8,15	64 HRCэ	3300–3400	480		620
P9	8,3	63 HRCэ	3350	200		620
P18	8,75	63 HRCэ	2900–3100	300		620
P6M5K5-МП		67–68 HRCэ	3200–3900			635
Твердые сплавы						
BK6	14,6–15,0	88,5 HRA	1500	20,6	450–710	900
BK6M	14,8–15,1	90,0 HRA	1350	25,5	—	900
BK6OM	14,7–15,0	92,0 HRA	1200	—	—	900
BK8	14,4–14,8	87,5 HRA	1600	—	—	900
BK15	13,9–14,1	86,0 HRA	1800	37,2	1390–1440	900
Минералокерамика						
ВОК60	4,6	93 HRA	650	4,9–11,7		1100
Сверхтвердые синтетические материалы						
Эльбор Р	4,0	8000HV	500			1200
Алмаз	3,5	—	300			800

МЕХАНИЗМ ИЗНАШИВАНИЯ ЛЕЗВИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ИНСТРУМЕНТА

Рассмотрим, каким образом относительно мягкие древесные материалы при обработке изнашивают твердые и прочные лезвия.

Изнашивание — сложный физико-механический процесс отделения от лезвия частиц материала. В зависимости от величины отделяемых частиц различают:

- **скол** - разрушение за пределами контакта лезвия с обрабатываемым материалом (размер отделяемых частиц составляет от нескольких десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров);
- **выкрашивание** - разрушение в пределах контакта лезвия с обрабатываемым материалом (размер отделяемых частиц составляет от нескольких сотых долей до нескольких десятых долей миллиметра);
- **истирание** - разрушение и отделение частиц материала, размеры которых сопоставимы с высотой неровностей поверхности лезвия (от долей микрометра до нескольких микрометров).

Существуют два ограничения использования твердых сплавов для дереворежущего инструмента:

- 1) их не следует применять в инструментах, требующих малых углов заострения (например, ножей для лущения и строгания шпона).
- 2) пластины твердого сплава не годятся для тонких инструментов (например, рамных и ленточных пил) из-за трудностей их (пластин) закрепления на тонких полотнах.

В этом случае используют литые твердые сплавы.

Ныне технология изготовления твердых сплавов значительно усовершенствована, особенно ведущими зарубежными фирмами. Характеристика выпускаемых ими марок твердых сплавов (таблица) это наглядно подтверждает. Лезвия, выполненные из этих марок твердого сплава и заточенные современными алмазными кругами при оптимальных режимах, по начальной остроте не уступают стальным, а по стойкости - на порядок превосходят их.

**Характеристика твердых сплавов,
рекомендуемых зарубежными фирмами-изготовителями
для обработки древесных материалов**

Марка сплава	Фирма-изготовитель	Содержание кобальта, %	Плотность, г/см ³	Твердость, HRA	Прочность на изгиб, МПа	Обрабатываемый материал
Сплавы средней зернистости						
HC05	CERAMETAL	4,0	15,15	92,9	2100	Древесина мягких и твердых пород
HC20	CERAMETAL	6,0	14,95	92,3	2200	
H6N	SANDVIK	6,0	15,00	92,1	2200	
HC27	CERAMETAL	7,5	14,70	91,0	2400	Древесина мягких пород
HC35	CERAMETAL	9,0	14,60	90,5	2800	
Мелкозернистые сплавы						
MG06	CERAMETAL	3,3	15,20	94,1	2800	Древесина твердых пород, MDF
MG18	CERAMETAL	10,0	14,50	92,5	3300	
H7M	SANDVIK	6,5	14,85	92,4	2200	
Особо мелкозернистые сплавы						
SMG02	CERAMETAL	2,5	15,25	95,4	3500	MDF, HDF, ДСтП
H3F	SANDVIK	3,0	15,30	93,9	3300	
Ультрамелкозернистые сплавы						
UMG04	CERAMETAL	2,0	15,30	> 95,5	3200	HDF, ДСтП
3UF	SANDVIK	3,0	15,15	> 95,0	2500	

ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Первым этапом создания инструмента является его проектирование, включающее ряд стадий:

- 1) разработку заявки на проектирование, исследование;
- 2) разработку технического задания, рабочих чертежей инструмента; изготовление и испытание опытного образца;
- 3) корректировку рабочих чертежей по результатам испытаний.

На этапе проектирования закладываются все показатели качества инструмента.

Второй этап — изготовление инструмента включает разработку технологии изготовления с учетом ожидаемой серийности и технических возможностей конкретного инструментального предприятия; организацию производства и собственно изготовление инструмента. Качество изготовления следует признать удовлетворительным, если выдержаны все параметры, указанные в конструкторской документации.

Третий этап — приобретение серийно выпускаемого инструмента. Первая стадия этого этапа — определение основных параметров инструмента, который необходимо приобрести; сопоставление инструментов различных конструкций и изготовителей, желательно по объективным количественным показателям. Входной контроль качества — стадия, имеющая большое значение при приобретении как серийного, так и специального инструмента.

Четвертый этап — организация хранения инструмента. В большинстве случаев инструмент находится на станке незначительную часть всего времени своей службы. Хранение его должно быть организовано таким образом, чтобы параметры инструмента не менялись в период ожидания работы.

Пятый этап — эксплуатация инструмента: установка инструмента в станок; обеспечение рациональных режимов работы; своевременное прекращение работы инструмента, пришедшего в неработоспособное состояние.

Шестой этап — подготовка инструмента к работе — заключается в периодическом восстановлении работоспособного состояния инструмента.

Подготовка включает заточку лезвий, а также ряд других операций подготовки и ремонта корпусов и лезвий. Ни в коем случае нельзя забывать о контроле качества подготовки инструмента.