

резания. Следовательно, напряжения также возрастают в 1,3—1,5 раза, и ресурс работы пилы между переточками при $\delta = 0,3$ мм составляет 7,77 ч для стали в исходном состоянии и 5,7 ч для стали в переходной зоне. При периоде работы пилы между переточками 8 ч трещины выйдут за пределы снимаемого слоя, ресурс работы пилы окажется ограниченным и будет определяться величиной допускаемой длины трещины $l_0 = 2,29$ мм. В данном случае он составит 35 ч.

На основании проведенных исследований можно отметить, что в процессе операции наплавки зубьев стеллитом происходит значительное снижение вязких свойств материала. При существующей технологии наплавки зона наиболее низкой вязкости разрушения оказывается в области наибольших растягивающих напряжений в основании зуба. При пилении талой древесины снижение вязкости не требует уменьшения периода работы пилы между переточками, установленного из условий затупления. При пилении мерзлой древесины период работы пилы между переточками при $\delta = 0,3$ не должен превышать 5,7 ч.

Отрицательное влияние операции наплавки можно устранить следующим образом: 1) увеличить толщину снимаемого при заточке слоя до 0,6—0,7 мм; 2) уменьшить начальный размер трещины путем дополнительной зачистки дна впадин; 3) изменить технологию наплавки так, чтобы переходная зона не располагалась в области опасных растягивающих напряжений. При этом необходимо иметь в виду, что расширение области нагрева приведет к смещению переходной зоны в полотно пилы, что повлечет за собой повышение опасности развития трещин в поперечных сечениях пилы. Область нагрева зуба можно сократить путем установки теплоотводящих устройств на расстоянии $0,3h$ от вершины зуба. При этом ослабленная переходная зона окажется выведенной из области наибольших напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ларионов А. И., Курицын В. Н., Лукашин М. М. Особенности резания мерзлой древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1972.— 56 с. [2]. Партон В. З., Морозов Е. М. Механика упруго-пластического разрушения.— М.: Наука, 1974.— 416 с. [3]. Соловьев В. В., Михайлова А. Р. К вопросу о прочности рамных пил.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 1, с. 77—80. [4]. Соловьев В. В., Михайлова А. Р., Семенова Л. П. К вопросу исследования напряженного состояния зубьев пильных инструментов методом конечных элементов.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 6, с. 87—91.

Поступила 5 мая 1985 г.

УДК 674.053

ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В. Ф. ФОНКИН

Кировский политехнический институт

Высокие требования к остроте резцов, незначительные углы заострения, очень большие скорости резания и практическое отсутствие отвода тепла из зоны лезвия в стружку определяют весьма напряженные условия работы материалов дереворежущего инструмента в прилезвийных зонах. В связи с этим в мировой и отечественной практике возросло производство дереворежущего инструмента из высоколегированных сталей и металлокерамических твердых сплавов.

Весьма характерно и принципиально то, что применение высоколегированных сталей и твердых сплавов в деревообрабатывающей промышленности дает различный эффект при обработке разных древесных материалов. В ряде случаев можно не применять или сократить применение

ние остродефицитных твердых сплавов и сохранить высокие эксплуатационные свойства дереворежущего инструмента. Существуют возможности повышения стойкости дереворежущего инструмента за счет режимных факторов, совершенствования конструкции инструмента, способов его подготовки, настройки и установки.

Установлена незначительная эффективность применения высоколегированных твердых сплавов при обработке сырой натуральной древесины. Так, наплавка зубьев сормайт и стеллитом повышает стойкость зубьев пил в лесопилении всего в 1,3—1,5 раза по сравнению с пилами из стали марки 85ХФ. Стойкость зубьев пил, армированных пластинками из твердых металлокерамических сплавов марок ВК6 и ВК15, при обработке сырой древесины повышается только в 2—3 раза по сравнению со стойкостью пил из той же стали. Исходная твердость стальных рамных пил равнялась 39—44 HRC, стальных круглых пил — 52—56 HRC, а твердость пластинок твердого сплава в рассматриваемом случае равнялась 84—89 HRC. Стойкость резцов фрез ЛАПБ, изготовленных из быстрорежущей стали марки Р18, при обработке еловой древесины влажностью 50—80 % превышает стойкость резцов из стали марки Х6ВФ только на 30—40 %. Лезвия луцильных ножей оснащаются нетеплостойким слоем из сталей В1; 85ХФ; 9ХВФ, что обеспечивает их высокую стойкость.

В табл. 1 приведены сравнительные показатели стойкости резцов фрезерных головок и ножей строгальных станков, изготовленных из различных материалов при обработке сосновых досок влажностью 20—24 %. С целью повышения условий сопоставимости все резцы, включенные в таблицу, имели одинаковую исходную твердость 60 HRC.

Таблица 1

Материал ножа	Марка	Сравнительная стойкость
Углеродистая сталь	У8А	1,0
Хромовольфрамовая сталь	ХВГ	1,3
Хромованадиевая »	85ХФ	1,4
Высоколегированная хромистая сталь	Х12Ф	3,0
Быстрорежущая сталь	Р18	3,5
Сормайт	1	4,6

Как видно из данных табл. 1, применение высоколегированной быстрорежущей стали Р18 и твердого сплава № 1 для обработки натуральной древесины увеличивает стойкость инструмента по сравнению со сталями У8А и 85ХФ в 3—3,5 и 2,5—3,3 раза. Это совсем невысокая эффективность.

Иная картина получается при обработке высоколегированными сталями и твердыми сплавами сухой натуральной уплотненной древесины и в особенности клееной древесины, древесностружечных и древесноволокнистых плит. Так, резцы из металлокерамического сплава марки ВК10 при обработке древесноволокнистых плит обеспечивают повышение стойкости по сравнению с резцами из среднелегированных сталей в 50 раз, а резцы из сплава марки ВК15 — в 30 раз.

Бесспорно, что стойкость инструмента непосредственно связана с твердостью и прочностью его материала. Однако и в этом утверждении есть неясность. Прежде всего, следует уточнить, о какой твердости и прочности говорится. Обычно в технической литературе сопоставление твердостей и прочностей производят для материалов при температуре +20 °С. Однако температура прилезовых зон резцов в момент среза стружек совершенно иная. Инструмент для возобновления остроты

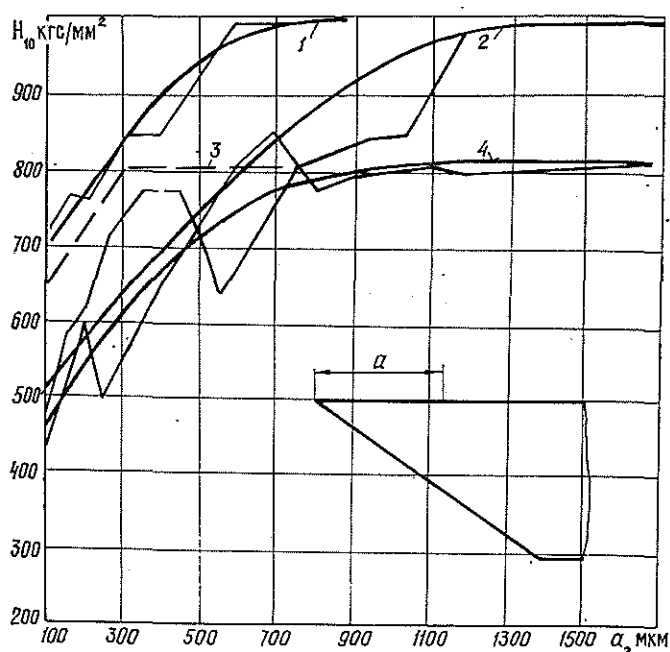


Рис. 1. Твердость материалов прилежвийных зон.

Углеродистая сталь У7А: 1 — после заточки, 2 — после работы; Х12М: 3 — после заточки, 4 — после работы.

затачивают, при этом температура материала в прилежвийных зонах повышается до нескольких сотен градусов. В результате такого теплового воздействия исходные физико-механические показатели материала претерпевают значительные изменения.

На рис. 1 приведены графики остаточных микротвердостей H_{10} резцов из различных марок сталей после заточки и после работы.

С целью уменьшения потери твердости материала в прилежвийных зонах после заточки проводили подшлифовку резцов по задним граням пастой ГОИ. Тем не менее, на графиках зафиксировано заметное уменьшение твердости материала в прилежвийных зонах резцов после заточки. Для углеродистой стали марки У7А микротвердость снизилась от 810 до 650 кгс/мм². Легированная сталь ХВГ снизила твердость в зоне заточки от 1000 до 725 кгс/мм². Протяженность зоны с уменьшенной твердостью составила 0,3—0,5 мм, что значительно больше зоны износа инструмента в процессе затупления. Еще бóльшие изменения твердостей материала наблюдаются в прилежвийных зонах у этих резцов после обработки ими при попутной подаче сухих сосновых заготовок в количестве 200 пог. м. Уменьшение их твердости по сравнению с исходным состоянием составило соответственно для У7А от 810 до 475 кгс/мм² и для Х12М — от 1000 до 510 кгс/мм², протяженность зон с пониженной твердостью возросла до 0,7—1,2 мм.

Результаты данных исследований говорят только о последствиях теплового воздействия на материал прилежвийных зон, т. е. остаточной микротвердости; физико-механические показатели сталей в прилежвийных зонах при температурах взаимодействия резцов с древесиной несравненно ниже.

Повышение температур прилежвийных зон дереворежущего инструмента связано с интенсивностью теплового потока, образующегося

в зоне резания, и с условиями теплоотвода. Низкая теплопроводность древесины ведет к отводу тепла только через тело резца.

Напряженность (интенсивность) теплового потока от силы трения стружки о переднюю поверхность резца находили по формуле

$$Q_{п. г} = \frac{9,8k_d fLn}{60 \cdot 102} \text{ Дж/мм}^2 \cdot \text{с.} \quad (1)$$

Напряженность теплового потока от сил трения задней грани резца о поверхность обработки на 1 мм^2 лезвия по площадке контакта стружки с резцом в зоне резания вычисляли из выражения

$$Q_{з. г} = \frac{9,8\sigma_{ск \parallel} fLn}{60 \cdot 102} \text{ Дж/мм}^2 \cdot \text{с.} \quad (2)$$

где k_d — удельное (усредненное) давление стружки о поверхность передней грани, кгс/мм^2 (10 МПа);
 $\sigma_{ск \parallel}$ — то же о поверхность задней грани, кгс/мм^2 (10 МПа);
 f — коэффициент трения древесины по материалу резца;
 L — длина дуги резания, мм;
 n — частота вращения фрезы, об/мин.

Расчеты показали, что мощность теплового потока, приходящегося на 1 мм^2 поверхности контакта резца со стружкой при продольном фрезеровании сосны с частотой вращения инструмента 6000 об/мин, составляет 2—3 Вт, что вдвое больше теплового потока с единицы поверхности волоска электрической лампочки.

По данным прямых замеров, выполненных в БТИ А. В. Моисеевым [2], значения температур прилежвийных зон в резцах дереворежущего

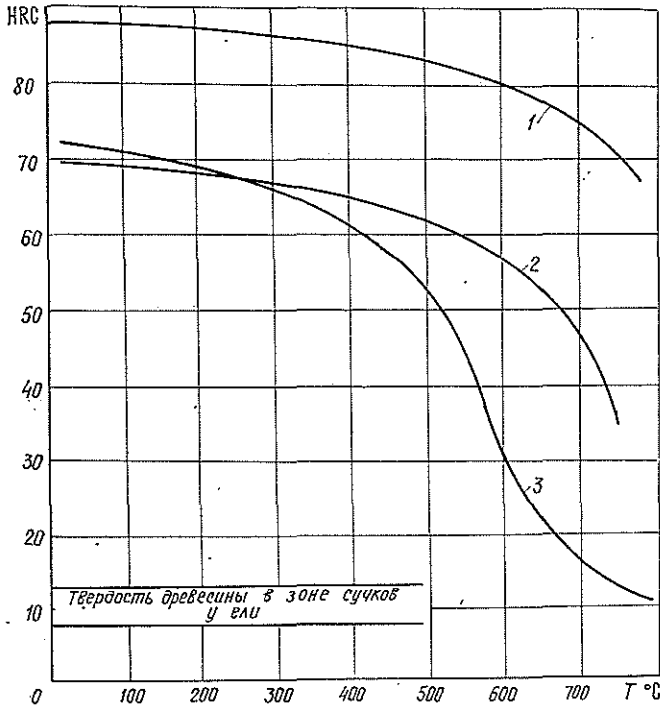


Рис. 2. Твердость инструментальных материалов при различных температурах.

1 — VK6; 2 — P18Ф2; 3 — ХВФ.

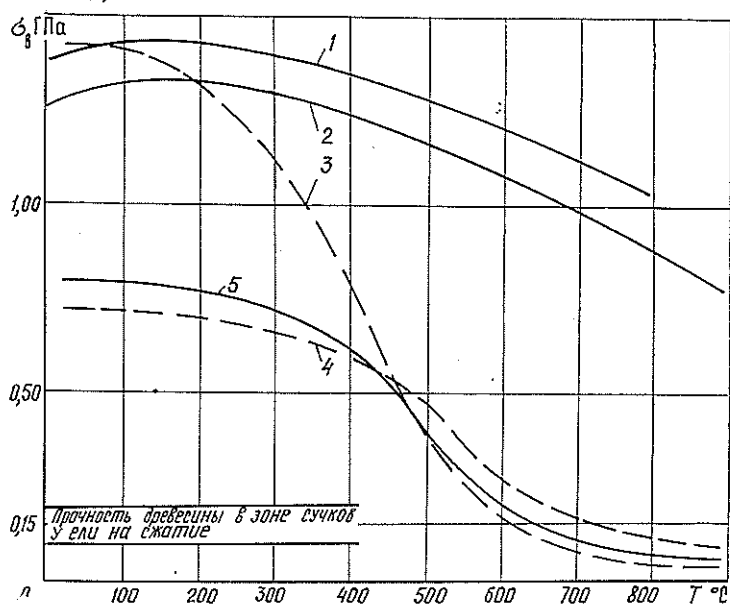


Рис. 3. Прочность инструментальных материалов при различных температурах.

1 — ВК6; 2 — ВК10; 3 — У7А; 4 — Х6ВФ; 5 — 9ХС.

инструмента могут достигать 1100—1200 °С. Температура лезвий металлорежущего инструмента редко превышает 500 °С.

Прилезвийные зоны резцов дереворежущего инструмента на фрезерных головках, ножевых валах при каждом обороте инструмента подвергаются нагреванию и охлаждению; это ведет к изменению исходной структуры стали с ухудшением ее механических свойств. Подобное же явление может происходить и при заточках с повышенными температурами.

На рис. 2 приведены графики изменений твердостей *HRC*, а на рис. 3 — графики изменения прочности на изгиб σ_b в зависимости от температуры для типичных инструментальных сталей по данным [1]. На этих же рисунках показаны ориентировочные значения твердости и прочности древесины в зоне сучков для ели.

Как видно из графиков, при повышении температуры во всех случаях значительно уменьшаются твердость и прочность материала, включая высоколегированные стали и металлокерамические твердые сплавы.

Результаты замеров твердостей и прочностей при высоких температурах во многом зависят от использованной аппаратуры и по этой причине не всегда возможно с достаточной надежностью сопоставлять данные работ различных авторов.

С целью обеспечения большей сопоставимости результатов КирПИ были выполнены исследования влияния температур на микротвердость и прочность.

Исследования проведены на установке ИМАШ-9-66. Замеры проводили в защитной среде, исключающей окисление и обезуглероживание поверхностных слоев.

При замерах твердостей в защитной среде характер графиков не изменился по сравнению с показанными на рис. 2 и 3.

Для понимания условия взаимодействия резцов с древесиной показательно сопоставить твердость и прочность материалов резцов прилежвийных зон при конкретных температурах с твердостью и прочностью древесины при температуре $+20^{\circ}\text{C}$.

Результаты расчетов приведены в табл. 2 (твердость — числитель, прочность — знаменатель). Из-за недостаточной сопоставимости различных шкал твердостей эти расчеты следует рассматривать как ориентировочные.

Таблица 2

Марка материала инструмента	Превышение твердости и прочности материалов резцов над твердостью и прочностью древесины в зоне сучков при температуре материала инструмента, $^{\circ}\text{C}$				
	20	350	500	700	800
У7А	—	—	—	—	—
	9,5	6,7	2,5	0,5	0,3
Х6ВФ	7,2	6,4	5,3	1,6	1,0
	4,9	4,5	3,3	1,1	0,8
Р18Ф2	7,0	6,3	6,1	4,8	—
	—	—	—	—	—
ВК6	8,8	8,5	8,2	7,5	6,6
	9,3	9,1	8,5	7,5	6,9

Из данных табл. 2 видно, что уже при $500\text{--}700^{\circ}\text{C}$ твердость и прочность древесины сопоставимы с соответствующими показателями углеродистых и среднелегированных сталей. Минимально достаточное превышение твердостей и прочностей инструментальных сталей над твердостями и прочностями древесины наблюдается только до температур $400\text{--}450^{\circ}\text{C}$.

Сопоставляя показатели стойкостей инструментов из различных материалов при разных температурах, можно совершенно определенно утверждать, что в условиях низких тепловых напряжений стойкость дереворежущего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей сопоставима со стойкостями инструментов из высоколегированных сталей и твердых сплавов, если их исходные твердости близки.

Интенсивность тепловых потоков в прилежвийных зонах, прежде всего, зависит от режима работы, вида срезаемой стружки, свойств древесины, условий отвода тепла из прилежвийных зон.

При обработке сырой древесины неизбежно выдавливание свободной влаги в зону контакта стружки с резцом. Влага эта может испаряться и тем самым охлаждать прилежвийные зоны. Подтверждение этому — малая эффективность применения твердых сплавов при обработке сырой древесины по сравнению со стойкостью стального инструмента. Расчеты показали, что затраты тепла на испарение слоя влаги толщиной всего $0,01$ мм эквивалентны тепловому потоку, образуемому на передней грани резца фрезерной головки, вращающейся с частотой 6000 об/мин, при продольном фрезеровании на глубину до 5 мм.

Однако для того, чтобы эффективно использовать инструмент из материалов, не имеющих такой высокой теплостойкости, как у твердых сплавов, предварительно следует обеспечить сохранение их высоких твердостей и прочностей в процессе заточки. Выбор способа и режима подготовки, обеспечивающих сохранение исходных свойств материала инструмента, — второе важнейшее условие успешного применения малодефицитных и достаточно дешевых инструментальных сталей.

Для достижения поставленной цели следует выбрать:

1) необходимую скорость резания. (Снижая скорость резания, можно уменьшить температуру прилезовых зон до необходимого уровня);

2) направление подачи. (Используя встречную подачу, можно обеспечить стружкообразование с опережающим отщепом стружки, уменьшить длину дуги резания);

3) толщину стружки. (Увеличивая до допустимых пределов толщину стружки, можно пропорционально снижать частоту вращения инструмента).

Интенсификация отвода тепла из прилезовых зон достигается увеличением углов заострения, образованием фасок по задним граням, уменьшением до допустимых пределов выступа резцов над корпусом инструмента и стружколомателем.

Следовательно, выбирая материал для конкретного дереворежущего инструмента, следует, прежде всего, знать температуры прилезовых зон, при которых будут работать резцы инструмента на конкретных станках. Необходимо определить возможности снижения их температур за счет режимных факторов, правильного выбора конструкции инструмента. Если снизить температуры лезвий, то можно использовать для резцов углеродистые и низколегированные стали с обязательным внедрением прогрессивных методов заточки, исключая отпуск лезвий при подготовке инструмента. Если нет условий для качественной подготовки лезвий без отпуска и нет возможности снизить температуру прилезовых зон, то для такого инструмента следует выбирать высоколегированные стали и твердые сплавы, сохраняющие достаточную твердость и прочность при конкретных температурах эксплуатации.

Рациональное использование всей номенклатуры инструментальных сталей и твердых сплавов требует обязательного научного обеспечения. Требуются работы по изучению взаимодействия размягченных нагревом поверхностных слоев прилезовых зон с различными структурными элементами древесины.

Следует пересмотреть стремление к обязательному повышению быстроходности оборудования. Разработка тихоходного оборудования повышенной жесткости при одновременном применении многолезвийного инструмента позволяет использовать стали с пониженной теплостойкостью без ущерба для качества обработки, производительности и стойкости инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гуляев А. П. Инструментальные стали: Справочник.— М.: Машиностроение, с. 270. [2]. Моисеев А. В. Износостойкость дереворежущего инструмента.— М.: Лесн. пром-сть, 1981, с. 107.

Поступила 2 января 1985 г.

УДК 630*24 : 630*812

ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ КУЛЬТУР СОСНЫ

Н. С. МИНИН, С. А. МОСКАЛЕВА

Архангельский институт леса и лесохимии

При целевом выращивании древостоев важно получить древесину с определенными физико-механическими свойствами. В связи с этим