

Максимальные расчетные напряжения оказались несколько больше экспериментальных, что идет в запас прочности.

Как видно, напряжения в основании зубьев от силы $F_{ц}$ значительны и являются причиной их поломок. Действительно, запасы прочности зубьев n_c сепаратора рассмотренного подшипника меньше единицы для всей гаммы лесопильных рам с ходом пильной рамки 700 мм (рис. 3, в). При этом первые трещины усталости зарождаются в угловых точках C и D , где эффективный коэффициент концентрации напряжений выше, чем в точках A и B .

Опыт эксплуатации новой гаммы лесорам с ходом ПР 700 мм также подтверждает выводы расчетов: при одном и том же уровне радиальных нагрузок на НШП у лесорам 2Р80-1 ($\omega = 33,49 \text{ с}^{-1}$), 2Р63-1 ($\omega = 36,11 \text{ с}^{-1}$), 2Р50-1 ($\omega = 37,68 \text{ с}^{-1}$) долговечность его резко снижается с повышением частоты вращения кривошипа; выход из строя подшипников обусловлен, в основном, недостаточной прочностью сепаратора.

Ученые УЛТИ совместно с заводом «Северный коммунар» и ГПЗ-11 разработали, изготовили и испытали опытную партию подшипников № 3053236 с повышенной усталостной прочностью зубьев и колец сепаратора. Производственные испытания показали, что срок службы таких подшипников увеличился более чем в два раза.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Внуков В. П. Кинематический расчет шатунного подшипника качения.— Вестник машиностроения, 1973, № 5, с. 26—27. [2]. Внуков В. П. Напряжения в сепараторе шатунного подшипника качения.— Вестник машиностроения, 1981, № 1, с. 28—30. [3]. Шабалин Л. А. Расчет нагрузок, действующих на сепаратор мотылевого подшипника в двухэтажных лесопильных рамах.— Сб. науч. тр. аспирантов и соискателей УЛТИ. Ч. II. Свердловск, 1969, с. 51—59. [4]. Шабалин Л. А. К расчету долговечности мотылевых подшипников лесопильных рам.— Тр. УЛТИ, 1972, вып. 25, с. 81—87. [5]. Шабалин Л. А., Зязин В. В. О долговечности нижних шатунных подшипников двухэтажных лесопильных рам.— Деревообаб. пром-сть, 1972, с. 43—45.

Поступила 17 июня 1985 г.

УДК 674.053 : 621.933.6

ВЛИЯНИЕ НАПЛАВКИ СТЕЛЛИТА НА ПРОЧНОСТЬ РАМНЫХ ПИЛ

В. В. СОЛОВЬЕВ, А. М. МОРГАЧЕВ, А. Р. МИХАЙЛОВА

Архангельский лесотехнический институт

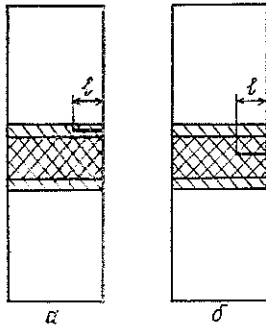
Работоспособность дереворежущих пил, в основном, определяется двумя факторами: износостойкостью режущих граней и прочностью полотно пилы. В целях повышения износостойкости режущих граней разработан и широко внедрен в производственную практику способ оснащения зубьев стеллитовыми наплавками. Это позволило увеличить период работы пил между переточками до 8 ч. Однако опыт эксплуатации таких пил показал, что прочность их оказалась значительно ниже, чем тех же пил без наплавки. Причем основным видом разрушения является распространение трещин по основанию зуба.

Можно предполагать, что к повышенному аварийному расходу пил приводят структурные превращения стали, которые могут возникать в процессе наплавки, а также увеличение числа и размеров накапливаемых дефектов, обусловленное возрастанием периода работы пилы между переточками. Изучению этих вопросов посвящена данная работа.

Известно, что в процессе наплавки вершина зуба разогревается до плавления. При этом температуры, способные вызвать структурные

превращения стали, распространяются до основания зуба. Охлаждение зуба на воздухе приводит к закалке материала. Для придания стали исходной структуры производят дополнительный нагрев до температуры отпуска (степень нагрева в производственных условиях оценивают визуально).

Измерения твердости материала пилы в различных точках по высоте зуба, выполненные на пилах, наплавленных в разное время на ЛДК им. В. И. Ленина г. Архангельска, показали, что операция отпуска не обеспечивает в полной мере возвращения структуры в исходное состояние. В области зуба выделяются две зоны, отличающиеся по твердости от исходного материала. В зоне отпуска, которая занимает примерно 3/4 высоты зуба, твердость материала выше исходного на 3—4 HRC. В зоне сопряжения зуба с полотном пилы (переходная зона) твердость материала достигает 61 HRC по сравнению с 40—44 HRC в исходном состоянии.



Схемы расположения трещины.

а — в переходной зоне; *б* — в зоне отпуска.

Для оценки влияния операции наплавки на механические свойства материала проведены испытания на вязкость разрушения K_{Ic} . Форма образцов и методика испытаний приведены в работе [3]. Подготовку образцов производили с помощью газовой горелки по технологии, соответствующей операции наплавки. Соответствие в изменении свойств материала считалось достигнутым, если твердость образца в зоне отпуска и переходной зоне не отличалась более чем на 4 HRC от твердости тех же зон в пиле. На одной партии образцов начальные трещины наносили в переходной зоне (рис. *а*), на другой — в зоне отпуска (рис. *б*). Одновременно проведены испытания партии образцов, материал которых находился в исходном состоянии. Все образцы выполнены из стали 9ХФМ.

Результаты испытаний показали, что для стали в исходном состоянии $K_{Ic} = 186 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ в зоне отпуска — $156 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, в переходной зоне — $148 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. Следовательно, в результате наплавки наибольшее ослабление материала (на 20,5 %) наблюдается в переходной зоне, которая расположена в основании зуба.

Анализ напряженного состояния рамных пил, выполненный методом конечных элементов [4], показал, что существуют два сечения: перпендикулярно оси полотна и по основанию зуба, в которых при эксплуатационных нагрузках возникают наибольшие напряжения и по которым возможно развитие трещин. Так как в процессе наплавки происходит ослабление материала в основании зуба, то наиболее вероятно второе направление развития трещин.

Исходя из предположения о наличии трещиноподобных дефектов, оценку прочности сечения в основании зуба выполним по условию:

$$K_I = K_{Ic}, \quad (1)$$

где K_I — коэффициент интенсивности напряжений;

K_{Ic} — критический коэффициент интенсивности напряжений (или вязкость разрушения).

Предельное состояние по условию (1) может быть достигнуто за счет как возрастания напряжений, так и увеличения длины трещины. Соответственно этим случаям вводят два коэффициента запаса [2]: по напряжениям n и на длину трещины m . При этом условие прочности имеет вид

$$K = \frac{K_{Ic}(n)}{m}, \quad (2)$$

где
$$K_c(n) = K_c \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}};$$

$$n = \frac{\sigma_b}{\sigma}.$$

Здесь σ_b — предел прочности;
 σ — номинальное напряжение, вызывающее развитие трещины.

В рассматриваемой задаче коэффициенты интенсивности напряжений при малых длинах трещин можно определить по формуле

$$K = 1,12\sigma \sqrt{\pi l} = 1,12 \frac{\sigma_b}{n} \sqrt{\pi l}. \quad (3)$$

Из уравнения (2) с учетом (3) находим допускаемую длину трещины

$$l_0 = \frac{K_c^2(n^2 - 1)}{1,12^2 \sigma_b^2 m^2 \pi}. \quad (4)$$

При пилении талой древесины экстремальные за цикл пиления напряжения в рассматриваемом сечении имеют следующие значения: $\sigma_{max} = 369$ МПа, $\sigma_{min} = 125,4$ МПа. Для стали 9ХФМ $\sigma_b = 1434$ МПа при твердости 40 НРС.

Коэффициенты запаса по напряжениям и на длину трещины прием равными $n = m = \frac{\sigma_b}{\sigma_{max}} = 3,88$. При этом на основании формулы (4) получим: $l_0 = 3,98$ мм для стали в исходном состоянии, $l_0 = 2,29$ мм для стали в переходной зоне ($K_c = 148$ МПа·м^{1/2}) после операции наплавки.

Ресурс работы сечения определим по формуле

$$T = \frac{1}{60\omega\beta} \int_l^\delta \frac{dl}{\frac{K_{max}^2 - K_{min}^2}{K_c^2} + \ln \frac{K_c^2 - K_{max}^2}{K_c^2 - K_{min}^2}}, \quad (5)$$

где T — время работы пилы, ч;
 K_{max}, K_{min} — максимальный и минимальный за цикл пиления коэффициенты интенсивности напряжений;
 δ — конечная длина трещины;
 l — начальная длина трещины;

$\beta = 0,041$ мм/цикл — характеристика материала, определяющая прирост длины трещины за цикл нагружения;
 $\omega = 360$ об/мин — частота вращения кривошипа лесопильной рамы.

В дальнейшем полагаем, что начальная длина трещины не меньше глубины риски, получаемой при заточке ($l = 0,1$ мм).

При $\delta = l_0$ получим полный ресурс работы сечения без учета переточек инструмента. Для стали в исходном состоянии $T = 221$ ч, для стали в переходной зоне $T = 143$ ч. Принимая верхний предел равным нормативной толщине снимаемого при заточке слоя 0,3 мм, получим ресурс работы между переточками. Для стали в исходном состоянии он составляет 45 ч, а для стали в переходной зоне — 24 ч. Данный расчет показал, что при установленных условиях затупления периоде работы пилы между переточками (8 ч) прочность обеспечена и не является ограниченной, так как развивающиеся трещины не выходят за пределы снимаемого при заточке слоя.

При пилении мерзлой древесины силы резания возрастают в 1,3—1,5 раза [1]. Напряжения в области зуба определяются величиной сил

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