



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.053:536.5

В.К. Пашков, С.В. Щепочкин

Пашков Валентин Кузьмич родился в 1933 г., окончил в 1955 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры станков и инструментов Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 280 печатных работ, в том числе в области организации инструментального хозяйства деревообрабатывающих предприятий.



Щепочкин Сергей Владимирович родился в 1981 г., окончил в 2003 г. Уральский государственный лесотехнический университет. Аспирант кафедры станков и инструментов УГЛТУ. Имеет 6 печатных работ в области теплофизики резания древесины.



К ОЦЕНКЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР ЗУБА КРУГЛОЙ ПИЛЫ

Проанализированы результаты известных зависимостей температурных полей зубьев круглых пил.

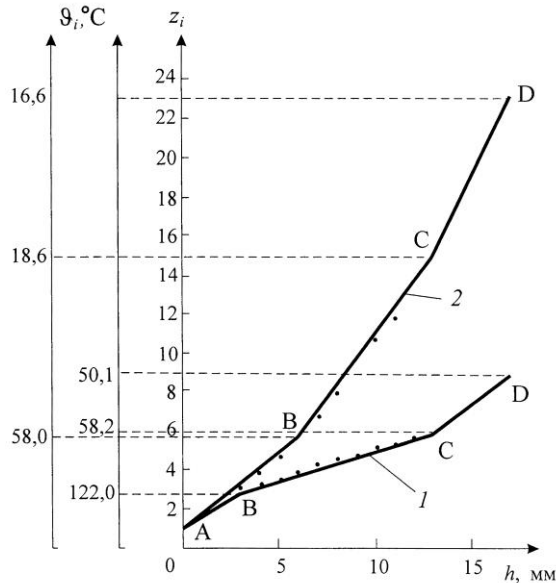
Ключевые слова: круглая пила, диск, зуб, температура.

Температура нагрева лезвия зуба пилы определяет выбор материала зуба (по теплоустойчивости), режимы термообработки, ограничение режима пиления (по динамической устойчивости пилы), т.е. необходимо знать температуру лезвия как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации.

Исследования, связанные с нагревом находящихся в подвижном контакте тел, трудоемки, требуют сложной и точной измерительной аппаратуры. Этим объясняется недостаточность и фрагментарность сведений о температуре нагрева лезвий инструментов в процессе резания. В связи с этим выполнен анализ распределения температуры по радиусу пилы с использованием данных работ [2, 3].

В Уральском государственном лесотехническом университете разработан графоаналитический метод расчета температуры зубьев круглой пилы. Он позволил произвести сравнительную оценку результатов расчетов (см. рисунок), полученных в разных работах.

Распределение относительной температуры по высоте зуба: 1 – построена по результатам работы [2]; 2 – [3] (первая слева шкала – для $\vartheta_1 = 330$ °С, вторая – для 343 °С; $z_1 = 1 + 0,75h$ – на участке АВ кривой 2; $z_2 = -2,5 + 1,33h$ – на участке ВС кривой 2; $\lg \vartheta_i = \varphi(h)$ – на участке СД кривых 1, 2)



Здесь обозначено: i – номер изотермы по высоте зуба; h – размер зуба по радиусу пилы с началом системы координат, совмещенной с данной точкой режущей кромки; ϑ_i – температура зуба на i -й изотерме, $\vartheta_i = \vartheta_1/z_i$, °С; ϑ_1 – температура зуба пилы на окружности первой изотермы диска, т.е. на лезвии зуба, °С; z_i – относительная температура зуба на i -й изотерме, $z = \vartheta_1/\vartheta_i$.

С использованием графоаналитического метода [3] рассмотрены два случая для пил по ГОСТ 980–80 (диаметр $D = 500$ мм, толщина $b = 2,5$ мм, шаг зубьев $t = 26$ мм, высота зубьев $h = 17$ мм, частота вращения 200 рад^{-1}): при мощности резания $N = 5$ кВт с температурой на лезвии зуба $\vartheta_1 = 330$ °С и при $N = 10$ кВт, $\vartheta_1 = 688$ °С (кривая 2).

Для сравнения на графике приведены результаты расчетов по эмпирической формуле [2] (кривая 1):

$$T_i = C_0 K_{\text{п}} \frac{V_i^{0.75} U_{Z_i}^{0.071} H_i^{0.42}}{W_i^{0.33} l_i^{0.415}},$$

где C_0 – коэффициент, учитывающий влияние исследуемых факторов от расстояния до режущей кромки, $C_0 = 4,39$;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий влияние породы дерева на температуру нагрева (для сосны $K_{\text{п}} = 1$);

V_i – скорость резания, м/с;

U_{Z_i} – подача на зуб, мм;

H_i – высота пропила, мм;

W_i – влажность древесины, %;

l_i – расстояние от режущей кромки, мм.

Приведенные на рисунке графики показывают изменение относительной температуры $z = \vartheta_1/\vartheta_i$ по высоте зуба в долях от ϑ_i , т.е. во сколько раз температура на лезвии зуба ϑ_1 превышает температуру на i -й изотерме ϑ_i .

Закон изменения относительной температуры ϑ_1/ϑ_i по высоте зуба не зависит от ее значения на режущей кромке. Температура на лезвии зуба примерно в 20 раз выше, чем температура на окружности впадин зубьев, т.е. $\vartheta_1 \approx 20\vartheta_{\text{вп}}$. Например, в первом случае, когда $\vartheta_1 = 330$ °С, температура на окружности впадин зубьев $\vartheta_{\text{вп}} = 16$ °С, во втором случае, когда $\vartheta_1 = 688$ °С, $\vartheta_{\text{вп}} = 35$ °С.

Температура на окружности впадин, определенная по номограмме [4], связана с мощностью на резание, следовательно, определяя температуру для конкретных типоразмеров, можно судить об ожидаемых средних температурах на лезвии зуба.

Зависимости изменения температуры по высоте зуба можно аппроксимировать кусочно-линейным уравнением. Ее можно определить по следующим формулам (см. рисунок, кривая 2):
на участке АВ для $h = 0 \dots 6$ мм

$$\vartheta_i = \frac{\vartheta_1}{1 + 0,75h};$$

на участке ВС для $h = 6 \dots 13$ мм

$$\vartheta_i = \frac{\vartheta_1}{-2,5 + 1,33h};$$

на участке CD, где сохраняется экспоненциальная аппроксимация распределения температуры [4],

$$\frac{\vartheta_i}{\vartheta_1} = a^l,$$

где $a = \varphi(b, V)$;

l – расстояние от окружности вершин зубьев до точки с радиусом r_i .

Кусочно-линейная аппроксимация вызвана двумя обстоятельствами: отличием формы зуба на различных участках по высоте и температурным напором. На участке графика АВ зуб имеет форму клина – призмы, ограниченной четырьмя поверхностями, которые обмениваются теплотой с окружающим воздухом. Температура на вершине составляет 330 °С. На участке ВС – это пластина – трапеция, ограниченная четырьмя поверхностями с температурой в сечении В, равной 58 °С, что в 6 раз ниже, чем на вершине зуба. На участке графика CD зуб имеет форму пластины, две боковых поверхности которой являются адиабатическими. На участке CD в теле зуба имеется экспоненциальное распределение температуры по высоте, аналогичное распределению температуры по радиусу диска пилы.

Характер кривых 1 и 2 одинаков, в том и другом случае по высоте зуба аппроксимация кусочная.

Экспериментальные значения температур, полученные по данным [2], не ложатся на теоретическую кривую. Это объясняется грубой аппрок-

симацией из-за небольшого количества точек, в которых фиксировали температуру. Об этом свидетельствует направление кривой на участке ВС, характеризующей темп охлаждения, который на середине зуба выше, чем на лезвии, что противоречит известным результатам исследования нагрева зуба.

Рассмотренная методика позволяет оценить тепловые потоки, поступающие к инструменту в целом.

Для оценки количества теплоты, поступающего в режущую часть, исходим из следующих соображений: установлено, что количество теплоты, поступающее в инструмент при резании, распределяется следующим образом: 80 % – на режущую часть зуба, 20 % – на диск пилы [1]. Полученные значения количества теплоты по зонам диска позволяют сделать выводы об общем количестве теплоты, отводимой из зоны резания через инструмент. Оно в 5 раз превышает количество теплоты, расходуемое на нагрев диска. Если известно, что коэффициент количества теплоты, расходуемой на нагрев диска, $K = 0,005 \dots 0,070$, то можно рассчитать долю теплоты, отводимой из зоны резания через инструмент в целом. Она составит $0,025 \dots 0,350$ от количества теплоты, выделяемой в зоне резания.

Работу по оценке количества теплоты по зонам диска необходимо продолжить для экспериментальной проверки результатов принятой рабочей гипотезы распределения температуры по высоте зуба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катков, А.Ю. О количестве поступающего тепла по зонам диска круглой пилы [Текст]: материалы научно-техн. конф. студентов и аспирантов / А.Ю. Катков, С.В. Щепочкин, В.К. Пашков: – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – С. 49–50.

2. Конов, В.Н. Исследование влияния тепловых явлений на работоспособность круглых пил [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Конов В.Н. – Л., 1979. – 20 с.

3. Пашков, В.К. Аналитический метод расчета температурного поля зуба круглой пилы [Текст] / В.К. Пашков, С.В. Щепочкин // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: сб. материалов междунар. научно-техн. конф. – Екатеринбург, 2003. – С. 128–130.

4. Пашков, В.К. Номограммы для расчета тепловых полей охлаждаемых дисков пил [Текст] / В.К. Пашков, А.С. Красиков // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств. – Л.: ЛТА, 1986. – С. 61–65.

V.K. Pashkov, S.V. Shchepochkin

To Assessment of Heat Flows and Average Temperatures of Circular Saw Tooth

The results of known dependencies for temperature fields of circular saw teeth are analyzed.