



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.053:621.93

М.А. Хвиюзов, А.Н. Галашев

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Хвиюзов Михаил Андреевич родился в 1981 г., окончил в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры электротехники и энергетических систем Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 10 печатных работ в области технологии лесопромышленного производства.
E-mail: mik5512@yandex.ru



Галашев Александр Николаевич родился в 1963 г., окончил в 1985 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологического образования и дизайна Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 40 печатных работ в области технологии лесопромышленного производства.
E-mail: galashev@list.ru



РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПОВЕРХНОСТИ ПИЛЬНОГО ДИСКА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПИРОМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Предложен упрощенный метод расчета температуры периферийной зоны диска пилы в зависимости от площади пятна сканирования пирометра и средней температуры.

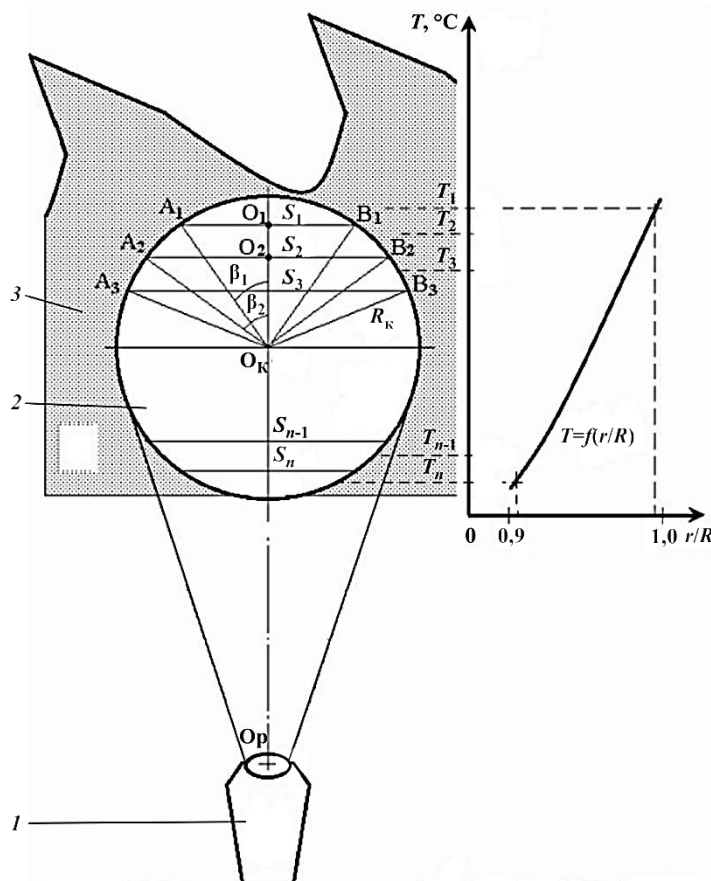
Ключевые слова: температурный контроль, диск пилы, низкотемпературный пирометр, режущий инструмент, зона нагрева.

Выполнение температурного контроля поверхности дереворежущего инструмента во время работы при помощи современных инфракрасных термометров (низкотемпературных пирометров) неразрывно связано с учетом двух групп особенностей пирометрического метода измерения [2]. Первая группа определяется устройством и характером нагрева режущего инструмента, вторая группа обусловлена принципом действия средства измерения.

В качестве объекта контроля была принята круглая плоская пила для продольной распиловки, так как по результатам ранее проведенных исследований [3, 4] была установлена существенная зависимость ее работоспособно-

сти от температуры на различных участках поверхности. Кроме того, установлено, что зона нагрева при установившемся процессе пиления располагается осесимметрично с максимальным значением температуры на периферии пильного диска (условие положительного температурного перепада).

Основными показателями инфракрасного термометра, которые влияют на результат измерения, являются разрешение (показатель визирования) и средняя температура на площади пятна сканирования. Форма и размеры пятна сканирования зависят от расположения излучателя пирометра относительно плоскости пильного диска. При условии расположения оси луча сканирования по нормали к плоскости пильного диска пятно сканирования представляет собой круг, диаметр которого определяется разрешением пирометра (см. рисунок).



Расчетная схема определения температуры в пятне сканирования:
1 – излучатель пирометра; 2 – пятно контроля; 3 – пильный диск

Зная среднее значение температуры по площади сканирования, с учетом коэффициента теплового излучения пыльного диска, теоретически можно определить температуру кольца, прилегающего к окружности межзубовых впадин пилы. Для этого следует в соответствии с расчетной схемой провести фрагментацию пятна сканирования на n равных по ширине частей.

Представим среднее значение температуры, показываемой пирометром, в виде

$$T_{\text{cp}} = \frac{T_1 S_1 + T_2 S_2 + T_3 S_3 + \dots + T_{n-1} S_{n-1} + T_n S_n}{S} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i S_i}{S}, \quad (1)$$

где T_i и S_i – температура и площадь i -го фрагмента;

S – общая площадь пятна сканирования,

$$S = \pi R_{\text{к}}^2; \quad (2)$$

$R_{\text{к}}$ – радиус пятна сканирования,

$$R_{\text{к}} = \frac{|O_{\text{к}} O_{\text{п}}|}{2\nu}; \quad (3)$$

ν – разрешение пирометра.

Общая площадь фрагментов равна площади пятна сканирования, следовательно,

$$T_{\text{cp}} = \frac{T_1 k_1 S + T_2 k_2 S + T_3 k_3 S + \dots + T_{n-1} k_{n-1} S + T_n k_n S}{S}$$

или

$$T_{\text{cp}} = T_1 k_1 + T_2 k_2 + \dots + T_n k_n = \sum_{i=1}^n T_i k_i, \quad (4)$$

где k_i – доля площади i -го фрагмента,

$$k_i = \frac{S_i}{S}.$$

Площадь сегмента $O_1 A_1 B_1$:

$$S_1 = S_{O_1 A_1 B_1} = \frac{1}{2} R_{\text{к}}^2 \left(\frac{2\pi\beta_1}{180^\circ} - \sin 2\beta_1 \right).$$

Центральный угол можно определить из следующих соотношений:

$$\cos \beta_1 = \frac{|O_{\text{к}} O_1|}{R_{\text{к}}}; \quad |O_{\text{к}} O_1| = R_{\text{к}} - \Delta R; \quad \Delta R = \frac{2R_{\text{к}}}{n}; \quad \beta_1 = \cos^{-1} \left(\frac{R_{\text{к}} - \Delta R}{R_{\text{к}}} \right).$$

Площадь фрагмента сегмента $O_2 A_2 A_1 B_1 B_2$:

$$S_2 = S_{O_2 A_2 B_2} - S_1 = \frac{1}{2} R_{\text{к}}^2 \left(\frac{2\pi\beta_2}{180^\circ} - \sin 2\beta_2 \right) - S_1;$$

$$\cos\beta_2 = \frac{|O_k O_2|}{R_k}; \quad |O_k O_2| = R_k - 2\Delta R; \quad \beta_2 = \cos^{-1}\left(\frac{R_k - 2\Delta R}{R_k}\right).$$

$$S_i = \frac{1}{2} R_k^2 \left(\frac{2\pi\beta_i}{180^\circ} - \sin 2\beta_i \right) - (S_1 + S_2 + \dots + S_{(i-1)}); \quad (5)$$

$$\beta_i = \cos^{-1}\left(\frac{R_k - i\Delta R}{R_k}\right). \quad (6)$$

Необходимо отметить, что при четном n решение упрощается, так как

$$k_1 = k_n; k_2 = k_{n-1}; k_{n/2} = k_{n/2+1}. \quad (7)$$

Перед определением теоретической температуры поверхности различных фрагментов пятна сканирования следует пояснить два обстоятельства. Во-первых, так как угловая скорость вращения пильного диска намного превышает время отклика пирометра, то логично было бы предположить, что измеряется температура кольца шириной $2R_k$, которое в свою очередь должно рассматриваться в виде совокупности условных изотермических концентрических кольцевых поверхностей.

Во-вторых, характер изменения температуры по радиусу диска в пределах текущего радиуса ($r = 0,9 \dots 1,0$) достаточно просто и точно отражается линейной зависимостью [1, 3]

$$T_i = T_{i+1} + \Delta T. \quad (8)$$

Тогда формула (4) принимает вид

$$T_{cp} = T_1 k_1 + (T_1 - \Delta T) k_2 + (T_1 - 2\Delta T) k_3 + \dots + (T_1 - (i-1)\Delta T) k_i + \dots \\ \dots + (T_1 - (n-1)\Delta T) k_n. \quad (9)$$

Температура кольца шириной ΔR , примыкающего к окружности межзубовых впадин,

$$T_1 = T_{cp} + \Delta T \left(\sum_{i=2}^n (i-1) k_i \right); \quad (10)$$

температура поверхности любого i -го из остальных колец в пятне сканирования

$$T_i = T_1 + (i-1) \Delta T; \quad i = 2, 3, \dots, n. \quad (11)$$

Допустим, что пирометрический контроль осуществляется датчиком с разрешением 8/1, закрепленным на удалении 80 мм от корпуса круглой пилы (длина отрезка $O_k O_p$). Радиус пятна сканирования $R_k = 5$ мм. Диаметр пилы 400 мм, высота зуба 20 мм, следовательно, радиус окружности межзубовых впадин $R = 180$ мм, текущий радиус $r = 170 \dots 180$ мм. В определенный момент пирометр показывает среднюю температуру в пятне сканирования, с учетом коэффициента теплового излучения она составляет 80 °С.

При условии фрагментации $n = 10$, $\Delta R = 1$ мм. Функция изменения температуры в зависимости от r/R была установлена на основании исследований [1],

что позволило принять $\Delta T = 2,6$ °С. Значения площадей, долей и температуры фрагментов сегментов, рассчитанные разработанным методом, представлены в таблице.

Номер фрагмента	Площадь S_i , мм ²	Доля от площади сканирования k_i	Температура, °С
1	4,087053	0,052040	+91,7
2	7,094643	0,090334	+89,1
3	8,634284	0,109938	+86,5
4	9,519990	0,121216	+83,9
5	9,933929	0,126472	+81,3
6	9,933929	0,126472	+78,7
7	9,519990	0,121216	+76,1
8	8,634284	0,109938	+73,5
9	7,094643	0,090334	+70,9
10	4,087053	0,052040	+68,3

Следует отметить, что данный метод расчета температуры в пятне сканирования пирометра является упрощенным, так как в нем принята плоскопараллельная схема фрагментов сегментов, а площади равноотстоящих от продольной оси фрагментов равны по условию (7). На самом деле границы между фрагментами представляют собой окружности, следовательно, доли от площади k_i несколько (до 1,5 %) отличаются от принятых в расчете.

Разработанный метод определения температуры нагрева режущего инструмента при помощи средств пирометрии может быть использован в исследованиях теплофизических процессов, происходящих при резании древесины, прогнозировании работоспособности пил, создании автоматизированных устройств контроля и управления деревообрабатывающего оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов А. В. Анализ влияния размера конечного элемента на точность расчета теплового поля диска круглой пилы // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы междунар. науч.-техн. конф. Вологда: ВоГТУ, 2009. С. 160–164.
2. Грубе А.Э., Санев В.И., Пашков В.К. К вопросу о температурном поле дисков пил для продольной распиловки древесины // Лесн. журн. 1966. № 3. С. 92–104. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Пашков В.К., Щепочкин С.В. О тепловом балансе процесса резания древесины круглыми пилами // Лесн. журн. 2009. № 3. С. 101–107. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Санев В.И. Обработка древесины круглыми пилами. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 232 с.

Поступила 04.05.12

M.A. Khviyuzov, A.N. Galashev

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Calculation of Heat Temperature of the Saw Blade Surface under Pyrometric Control

A simplified method for calculating the temperature of the saw blade peripheral zone depending on the spot area scanned by the pyrometer and the average temperature.

Keywords: temperature control, saw blade, low temperature pyrometer, cutting tool, heating zone.

