

Р и с. 3. Схема нагружения ротора

Теперь, имея нагрузки в опорах, можно подбирать подшипники для ротора и выполнять прочностные расчеты, необходимые для конструирования.

Литература

1. А.с. 793765 СССР, МКИ В 27 Г 13/100. Фрезерная головка. 2. А. с. 1240586 СССР, МКИ В 27 Г 13/100. Ротационная дереворежущая головка. 3. Г а в р и л е н к о В.А. Основы теории эвольвентной зубчатой передачи. М., 1969.

УДК 674.023

П.П.КЛИМЕНКО, Ю.А.КРАСНОГОРОВ

ТЕРМОДИНАМИКА ИНСТРУМЕНТА ПРИ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

В процессе резания древесины вблизи вершины резца развиваются высокие температуры, оказывающие определенное влияние на интенсивность износа дереворежущего инструмента. Причиной выделения теплоты в зоне резания являются деформационные процессы древесины, возникающие при образовании стружки и упругопластического смятия древесины ниже линии раздела, а также трение древесины о рабочие поверхности резца.

Основной источник нагрева режущего инструмента — тепло, выделившееся в результате работы адгезионных сил трения [1]. Данное количество тепла распределяется между древесиной и материалом резца. Количество тепла, отводимое резцом, зависит от теплофизических параметров резания и свойств контактных материалов.

Температура нагрева резца при обработке древесины зависит от скорости резания, толщины стружки, вида обработки, теплофизических параметров резца и обрабатываемого материала, способа охлаждения и других факторов.

Для оптимизации процесса обработки древесины, выбора требуемых свойств инструментальных сталей, разработки эффективных мероприятий

по повышению износостойкости инструмента необходимо знать термические характеристики инструмента. В данной статье тепловая задача резания исследовалась применительно к фрезерованию древесины острым инструментом — процессу, характерному для начального этапа резания древесины.

Общая теплофизическая обстановка для острого фрезерного инструмента может быть задана источником тепла по передней поверхности резца и стоком тепла в окружающую среду посредством теплоотдачи. Действием источника тепла по задней поверхности для острого резца можно пренебречь. Как показывают расчеты, влияние этого источника на значение средних температур резца незначительно и не превышает 5 % [2].

Закон распределения интенсивности источника тепла по передней поверхности резца определяется фрикционными характеристиками этой поверхности. На основе анализа напряженного состояния инструмента в зоне резания [3] и значения сил трения [1] источник тепла может быть представлен как равномерно распределенный.

Средняя температура на площадке контакта резца с древесиной при резании определяется по формуле [2]

$$\theta_{cp} = K_c L_c \theta, \quad (1)$$

где θ_{cp} — средняя температура по передней поверхности резца, К; θ — температура поверхности полупространства при действии источника тепла, К; K_c — коэффициент формы источника тепла; L_c — коэффициент формы тепла.

Для условия решаемой задачи скорость подачи равна 12 м/мин, диаметр фрезы — 120 мм, частота вращения фрезы — 3000 мин⁻¹, количество резцов — 2, толщина снимаемого слоя — 4 мм, угол резания — 60°, задний угол — 15°, порода — сосна, материал инструмента — сталь ХВГ. Из принятого закона распределения интенсивности источника тепла значение коэффициентов $K_c = 1,0$; $L_c \approx 1,0$ [2].

Температура поверхности полупространства при действии равномерно распределенного источника тепла рассчитывается по формуле [2]

$$\theta(0, t) = \frac{2qb^* \sqrt{\omega}}{\lambda \sqrt{\pi}} \sqrt{t},$$

где $\theta(0, t)$ — температура поверхности полупространства, К; q — интенсивность источника тепла, Вт/м²; ω — коэффициент температуропроводности материала резца, м²/с; λ — коэффициент теплопроводности материала резца, Вт/(м·К); b^* — безразмерный коэффициент, характеризующий долю тепла, распространяемого в тело резца; t — время действия источника тепла, с.

Интенсивность источника тепла q определяется той долей тепловой мощности резания, которая является следствием преобразования в тепло механической работы адгезионной составляющей силы трения. С учетом механического эквивалента тепловой энергии интенсивность источника тепла определяется по формуле

$$q = 1 \cdot 10^6 \tau v.$$

где τ — среднее касательное напряжение молекулярной связью трения, Н/м²; v — скорость резания, м/с.

Для рассматриваемого случая $\tau = 5 \cdot 10^6$ Н/м² [1].

Безразмерный коэффициент b^* зависит от условий резания и теплофизических характеристик материала резца и древесины, его рассчитывается по формуле [2]

$$b^* = \frac{1}{1 + \frac{3}{2} \frac{\lambda_d}{\lambda_p} \sqrt{Pe_d Fo_p}},$$

где λ_d и λ_p — коэффициенты теплопроводности соответственно древесины и материала резца, Вт/(м·К); Pe_d — критерий Пекле; Fo_p — критерий Фурье.

Для заданных условий задачи значение безразмерного коэффициента $b^* = 0,65$.

Подставив данные в формулу (1) и сделав необходимые вычисления, получим уравнение для расчета средней температуры (°С) передней поверхности инструмента при действии источника тепла q :

$$\theta_{(0, t)} = 5986,5 \sqrt{t}.$$

Фрезерование с точки зрения теплофизики резания состоит из двух последовательно чередующихся периодов: резания, когда инструмент находится в контакте с древесиной, и перерыва процесса резания, когда контакт с древесиной отсутствует. Источник тепла действует лишь во время первого периода. После окончания очередного реза и выхода инструмента из взаимодействия с древесиной подвод тепла от источника прекращается, происходит остывание инструмента. Последнее при решении тепловой задачи может быть учтено введением в систему дополнительного стока тепла такой же интенсивности, как и у источника q , с началом функционирования в момент времени t_1 , равным времени окончания первого периода фрезерования.

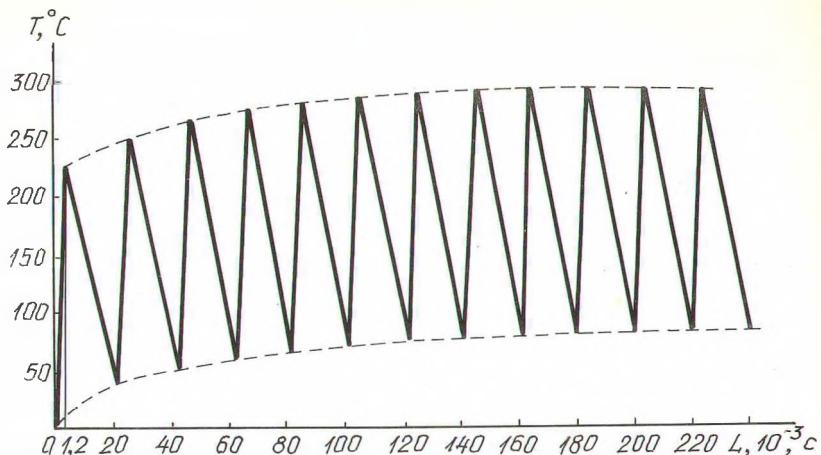
Снижение температуры инструмента в результате отдачи части тепла в окружающую среду может быть учтено путем расчета температуры θ_T по формуле [2]

$$\theta_T = \frac{a \theta_n F}{C \rho V} t,$$

где θ_T — снижение температуры резца за счет теплоотдачи в окружающую среду, К; θ_n — средняя температура поверхности тела, К; F — площадь поверхности, м²; C — удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); a — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); ρ — плотность, кг/м³; V — объем, м³; t — время, с.

Определение температуры резца в каждый момент времени сводится к решению балансовой задачи, учитывающей взаимовлияние на нагрев инструмента действия источников и стоков тепла.

В результате решения тепловой задачи построен график изменения средней температуры передней поверхности резца в процессе обработки древесины сосны (рис. 1). Теплодинамика нагрева инструмента характеризуется макси-



Р и с. 1. Динамика нагрева дереворежущего инструмента при фрезеровании древесины

мальными и минимальными средними температурами, которые стабилизируются уже через 0,2 с резания. Максимальная средняя температура передней поверхности резца составляет 287 °С, минимальная – 81 °С; перепад температур за $1,2 \cdot 10^{-3}$ с – 206 °С.

При обработке более твердых древесных пород для березы θ_{\max} составила 317 °С, θ_{\min} – 89, перепад температур – 228 °С; для дуба соответственно θ_{\max} – 373, θ_{\min} – 105, перепад температур – 268 °С.

По данным анализа полученных результатов, средняя температура контактных поверхностей инструмента при резании древесины достаточно высока. Это вызывает снижение твердости инструмента и может послужить причиной его повышенного изнашивания. Разрушение инструмента на начальном этапе затупления может также вызвать действие внутренних напряжений в результате резкого перепада температур за один оборот инструмента.

Литература

- Клименко П.П., Красногоров Ю.А. Трение и тепловые явления при резании древесины // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. Мин., 1986. Вып. 1. С. 98–99.
- Резников А.Н. Теплофизика резания. М., 1969.
- Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Мин., 1985.

УДК 674.051

А.П.КЛУБКОВ

КОМПОЗИЦИОННЫЙ РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ КРОМОК ЩИТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕБЕЛИ

Износостойкость дереворежущего инструмента зависит от химического состава и структуры металла, физико-механических и фрикционно-усталостных характеристик поверхностного слоя, макро- и микрогеометрических