

Тогда $e_{\max} = 0,0295 \cdot 0,0562 = 0,0017$ мм.

Высота кинематической неровности без учета цилиндрической формы обработанной поверхности

$$H_{\max} = \frac{u_z^2 \max}{8r_2} = \frac{0,03^2}{8 \cdot 40} = 0,028 \text{ мкм.} \quad (12)$$

Из вычисленного значения e_{\max} следует, что максимальная толщина срезаемой стружки по крайней мере на один порядок меньше, чем возможная разница в высоте резцов. В связи с этим представляется возможным использовать один резец из 8 имеющихся на фрезе. Это предложение было проверено на фрезерно-копировальном автомате для изготовления дорожных шахмат на Борисовской фабрике "Пианино". На фрезе были укорочены 7 резцов и заново сделана балансировка. Фреза испытывалась в работе на режимах, приведенных в статье. Производительность станка и качество фрезерованной поверхности не снизились. Это дает возможность для данного случая сделать фрезу с одним вставным резцом вместо восьмизубой фрезы с затылованными зубьями.

Экономический эффект за счет рационализации инструмента по данным предприятия составляет 45 руб. на одну фрезу.

УДК 674.023-52

П.В.ПОЛЗИК, канд.техн.наук,
В.Я.МАКСИМОВ (БТИ)

ОЦЕНКА РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПО КРИТЕРИЮ "МИНИМУМ ПРИВЕДЕННЫХ ЗАТРАТ"

Для увеличения производительности и улучшения качества обрабатываемых деталей в деревообрабатывающей промышленности находят применение системы автоматического управления режимами обработки. Рассмотрим один из широко используемых при обработке древесины процессов — процесс фрезерования.

Согласно методике [1], выбор того или иного технико-экономического решения нужно производить на основе сопоставления приведенных затрат. Применительно к технологической операции приведенные затраты на обработку одной заготовки

$$Z_1 = C + E_H K,$$

где C — себестоимость обработки одной заготовки, коп.; K — капитальные вложения в производственные фонды, обусловленные выполнением операции, коп.; E_H — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений,

Найдем математическое соотношение, связывающее приведенные затраты с параметрами режима обработки. Переменная, зависящая от режима, часть приведенных затрат

$$Z_{1п} = (\tau_p + \frac{\tau_{см}}{N})E + \frac{И}{N}, \quad (1)$$

где τ_p — время резания, с; $\tau_{см}$ — продолжительность простоя станка, связанного со сменой режущего инструмента, с; E — приведенные затраты на эксплуатацию станка (без затрат на режущий инструмент) и заработную плату рабочего, коп/с; I — приведенные затраты, обусловленные эксплуатацией режущего инструмента за период его стойкости, включая затраты на переточку и заработную плату наладчика, коп.; N — число деталей, обработанных за период стойкости инструмента.

Для постоянных параметров режима при однопроходной обработке фрезерованием

$$N = \frac{T}{\tau_p}; \quad \tau_p = \frac{L}{u_z n z}, \quad (2)$$

где T — период стойкости инструмента, с; L — длина обработки, мм; u_z — подача на один оборот, мм; n — частота вращения инструмента, с⁻¹; z — число ножей.

Из выражений (2) и (1) следует, что

$$Z_{1п} = \frac{L}{z} \left(\frac{E}{u_z n} + \frac{E_{\tau см} + I}{u_z n T} \right).$$

Постоянный множитель в выражении (2) может быть опущен. Значение T есть функция $T(n, u_z, \epsilon)$ всех параметров режима и параметра ϵ , который зависит от условий обработки. Тогда математическим выражением критерия оптимальности режима может служить функция

$$Q = \frac{E}{u_z n} + \frac{E_{\tau см} + I}{u_z n T(n, u_z, \epsilon)}. \quad (3)$$

Значение $T(n, u_z, \epsilon)$ — это время, за которое износ инструмента достигает значения $\Delta\rho$ при условии, что начальный износ равен нулю.

Выразим T через значение параметров режима фрезерования. Износ инструмента при фрезеровании [2] выражается формулой $\Delta\rho = \epsilon \ln T$, откуда

$$T = \Delta\rho / (\epsilon \ln), \quad (4)$$

где $\Delta\rho = \rho_{тех} - \rho_0$ — максимально допустимый износ инструмента, мкм; ϵ — приращение затупления реза на пути резания 1 мм, мкм/мм; n — частота вращения инструмента, с⁻¹; l — длина дуги резания, мм.

При определении длины дуги резания в условиях деревообработки пренебрегают зависимостью ее от подачи, что в общем не отражает действительного положения.

В работе предлагается несколько иной подход при определении длины дуги резания, учитывающей изменение скорости подачи.

Уравнение движения лезвия ножа относительно заготовки является уравнением укороченной циклоиды и в параметрической форме записывается следующим образом [3]:

$$x = R \sin \varphi + \frac{u_z}{\psi} \varphi; \quad y = R(1 - \cos \varphi).$$

Обычно $u_z \varphi / \psi$ пренебрегают ввиду ее малости и рассматривают траекторию движения лезвия инструмента как окружность. В работе предлагается рассматривать траекторию движения лезвия инструмента, как окружность, но радиуса равного максимальному радиусу кривизны циклоиды.

Радиус кривизны для кривой, заданной в параметрическом виде, определяется по формуле

$$R_K = \frac{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{3/2}}{\dot{x}\ddot{y} - \dot{y}\ddot{x}}$$

Учитывая, что

$$\dot{x} = R \cos \varphi + \frac{u_z}{\psi}; \quad \ddot{x} = -R \sin \varphi;$$

$$\dot{y} = R \sin \varphi; \quad \ddot{y} = R \cos \varphi,$$

радиус кривизны будет равен

$$R_K = \frac{(R^2 + 2R \frac{u_z}{\psi} \cos \varphi + \frac{u_z^2}{\psi^2})^{3/2}}{R(R + \frac{u_z}{\psi} \cos \varphi)}$$

При $\varphi = 0$ получаем максимальный радиус кривизны R_m , равный

$$R_m = -\frac{1}{R} (R + \frac{u_z}{\psi})^2.$$

Тогда длина дуги будет равна

$$l = 2\pi R_m \varphi = \frac{2\pi}{R} (R + \frac{u_z}{\psi})^2 \varphi.$$

Угол контакта лезвия инструмента с материалом φ является функцией толщины снимаемого слоя h и определяется как [2, 3]

$$\varphi = \arccos \frac{R - h}{R} \quad (5)$$

Выражение (5) с высокой степенью точности аппроксимируется выражением

$$\varphi = c h^\alpha,$$

где постоянные c и α находятся с помощью метода наименьших квадратов.

В конечном виде выражение для длины дуги окружности запишется следующим образом:

$$l = \frac{2\pi c}{R} h^\alpha (R + \frac{u_z}{\psi})^2 \quad (6)$$

Подставив (6) и (4), получим выражение для стойкости инструмента и функции параметров режима

$$T = \frac{k}{n(R + \frac{u_z}{\psi})^2 h^2}, \quad (7)$$

где $k = \frac{\Delta \rho R}{2\pi c E}$

Окончательно выражение для критерия оптимальности получим, подставив выражение (7) в (3)

$$Q = \frac{E}{u_z n} + \frac{(E\tau_{cm} + u)(R + \frac{u_z}{\psi})^2 h^\alpha}{k u_z} \quad (8)$$

С помощью полученного выражения (8) можно оценить параметры режимов резания при фрезеровании по критерию "минимум приведенных затрат". При автоматическом регулировании скорости резания и (или) скорости подачи выражение (8) позволит определить закон изменения параметров резания при изменении условий обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика определения экономической эффективности использования в лесопильной, деревообрабатывающей, фанерной и мебельной промышленности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. — М. — Архангельск: ЦНИИМОД, 1980. — 94 с. 2. Бершадский А.И., Цветкова Н.М. Резание древесины. — М.: Выш. шк., 1975. — 304 с. 3. Кряжев Н.А. Фрезерование древесины. — М.: Лесн. пром-сть, 1979. — 199 с.