

Лабораторная работа №1

Анализ потери энергии при точении

- Цель работы:** 1. Произвести расчет энергоемкости для различных технологических решений при точении и исходя из этих данных осуществить выбор метода обработки.
2. Изучение практической задачи по определению энергосберегающих технологий.

Порядок выполнения работы.

Исходные данные: обточить вал Ø30 мм из стали-45 двумя способами:

- проходными резцами с пластинами из твердого сплава (Т15К6);
- проходными резцами с пластинами из быстрорежущей стали (Р18).

Обработка черновая и чистовая. Рассчитать припуски на обработку, режимы резания, оценить затраты мощности.

1. Расчет припусков

Согласно ГОСТ 2590-71 выбираем прокат диаметром 35 мм, следовательно, припуски на обработку:

- черновую – 2мм;
- чистовую – 0,5 мм.

2. Расчет режимов резания

В зависимости от вида и характера обработки выбираем проходные резцы:

а) с твердосплавными пластинками марки Т15К6 со следующими геометрическими параметрами режущей части:

- главный угол в плане ϕ 60°;
- передний угол γ -15°;
- угол наклона лезвия λ 0°;
- радиус при вершине r 2 мм;

б) с пластинками из быстрорежущей стали марки Р18 со следующими параметрами режущей части:

- главный угол в плане ϕ 30°;
- передний угол γ 20°;
- вспомогательный угол в плане ϕ 15°;
- угол наклона лезвия λ 0°;
- радиус при вершине r 2 мм;

2.1. При точении скорость резания рассчитываем по следующей формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} x^m y^m} K_v, \text{ м/мин}$$

где T – стойкость; среднее значение стойкости при одноинструментальной обработке равно 60 мин; t – глубина резания, мм; S – подача, мм/об; C_v – постоянная для данных табличных условий резания; m_t , x , y – показатели степени при элементах режимов резания; K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, представляет собой произведение из остальных коэффициентов

$(K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{0v})$, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на скорость резания; K_{Mv} - качество обрабатываемого материала; $K_{Пv}$ – состояние поверхности заготовки; K_{Uv} - материал режущей части; $K_{\phi v} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ - параметры резца; главный угол в плане, вспомогательный угол в плане, радиус при вершине, поперечное сечение державки. Последние три коэффициента – только для резцов из быстрорежущей стали; K_{0v} - вид обработки.

2.2. Определение скорости при черновой обработке твердосплавным инструментом:

$$t = 2 \text{ мм}; s = 0,7 \text{ мм/об};$$

$$C_v = 350; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,35;$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{0v};$$

$$K_{Mv} = \frac{75}{\sigma_B} = \frac{75}{97} = 0,77;$$

$$K_{Пv} = 0,9; K_{Uv} = 1; K_{\phi v} = 0,9; K_{0v} = 1;$$

$$K_v = 0,77 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,63;$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 0,63 = 99,5 \text{ м/мин.}$$

2.3. Определение скорости при чистовой обработке твердосплавным инструментом:

$$t = 0,5 \text{ мм}; s = 0,14 \text{ мм/об};$$

$$C_v = 420; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2;$$

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,14^{0,2}} \cdot 0,63 = 191,88 \text{ м/мин.}$$

2.4. Определение скорости при черновой обработке быстрорежущим инструментом:

$$t = 2 \text{ мм}; s = 0,5 \text{ мм/об};$$

$$C_v = 56; m = 0,125; x = 0,25; y = 0,66;$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{0v};$$

$$K_{Mv} = C_M \left(\frac{75}{\sigma_B} \right)^{n_v}; C_M = 1; n_v = 1,75;$$

$$K_{Mv} = 1 \cdot \left(\frac{75}{55} \right)^{1,75} = 1,72;$$

$$K_{Пv} = 0,9; K_{Uv} = 0,3; K_{\phi v} = 1,2; K_{0v} = 0,97;$$

$$K_v = 1,72 \cdot 0,9 \cdot 0,3 \cdot 1,2 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 1 = 0,52;$$

$$v = \frac{56}{60^{0,125} \cdot 2^{0,25} \cdot 0,5^{0,66}} \cdot 0,52 = 23,2 \text{ м/мин.}$$

2.5. Определение скорости при чистовой обработке быстрорежущим инструментом:

$$t = 0,5 \text{ мм}; s = 0,15 \text{ мм/об};$$

$$C_v = 87,5; m = 0,125; x = 0,25; y = 0,33; K_v = 0,52;$$

$$v = \frac{87,5}{60^{0,125} \cdot 0,5^{0,25} \cdot 0,15^{0,33}} \cdot 0,52 = 60,7 \text{ м/мин.}$$

3. Расчет частоты вращения.

3.1. Расчет частоты вращения при обработке твердосплавным резцом.

3.1.1. При черновой обработке:

$$n = \frac{1000 * v}{3.14 * d} = \frac{1000 * 99.5}{3.14 * 30} = 1056 \text{ м/мин}$$
$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 * 30 * 1250}{1000} = 118 \text{ м/мин}$$

$$n_{\text{пр}} = 1250 \text{ мин}^{-1}.$$

При чистовой обработке:

$$n = \frac{1000 * v}{3.14 * d} = \frac{1000 * 191.88}{3.14 * 30} = 2036.9 \text{ м/мин}$$
$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 * 30 * 2036}{1000} = 192 \text{ м/мин}$$

3.2. Расчет частоты вращения при обработке при обработке резцом из быстрорежущей стали.

3.2.1. При черновой обработке:

$$n = \frac{1000 * v}{3.14 * d} = \frac{1000 * 23.2}{3.14 * 30} = 246 \text{ м/мин}$$
$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 * 30 * 250}{1000} = 23.55 \text{ м/мин}$$

$$n_{\text{пр}} = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

3.2.2. При чистовой обработке

$$n = \frac{1000 * v}{3.14 * d} = \frac{1000 * 60.7}{3.14 * 30} = 644 \text{ м/мин}$$
$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 * 30 * 800}{1000} = 75.36 \text{ м/мин}$$

$$n_{\text{пр}} = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

4. Определение времени на обработку.

4.1. Черновая обработка:

- твердосплавным резцом (Т15К6)

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{s_0 n} = \frac{120}{0.7 * 1250} = 0.14 \text{ мин}$$

- резом из быстрорежущей стали (Р18)

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{s_0 n} = \frac{120}{0.7 * 250} = 0.69 \text{ мин}$$

4.2. Чистовая обработка:

- твердосплавным резцом (Т15К6)

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{s_0 n} = \frac{120}{0.7 * 2036} = 0.08 \text{ мин}$$

- резом из быстрорежущей стали (Р18)

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{s_0 n} = \frac{120}{0.7 * 800} = 0.21 \text{ мин}$$

5. Определение силы резания осуществляется по следующей формуле:

$$P_z = C_p * t^x * s^y * v^n * K_p, \text{ кг.}$$

где C_p - постоянная для данных табличных условий резания, отражающая влияние на силу резания всех условий резания, кроме входящих в эту формулу элементов

режимов резания; n, x, y – дробные показатели степени при элементах режимов резания, отражающая влияние каждого из этих элементов на силу резания; K_p – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение из ряда отдельных коэффициентов ($K_p = K_{Mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$), учитывающий изменение против табличных условий резания; K_{Mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала; $K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров резца на силу резания.

5.1. Определение силы резания при черновой обработке твердосплавным резцом:

$t=2$ мм; $s=0.7$ мм/об; $v=118$ м/мин

$C_p = 300$; $n = -0,15$; $x=1$; $y = 0,75$;

$$K_{pv} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{np} = \left(\frac{55}{75}\right)^{0.75} = 0.79; \text{ где } n_p = 0.75;$$

$K_{\phi p} = 0,94$; $K_{\gamma p}=1,25$; $K_{\lambda p}=1$; $K_{rp}=1$

$K_p = 0,79 \cdot 0,94 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 0,92$;

$$P_z = 300 * 2^1 * 0.7^{0.75} * 118^{-0.15} * 0.92 = 206,53 \text{ кг}$$

5.2. Определение силы резания при черновой обработке резцом из быстрорежущей стали:

$t = 2$ мм; $s = 0,5$ мм/об; $v = 23,55$ м/мин

$C_p = 200$; $n = 0$; $y = 0,75$;

$$K_{pv} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{np} = \left(\frac{55}{75}\right)^{0.55} = 0.895; \text{ где } n_p = 0.35;$$

$K_{\phi p}=1,08$; $K_{\gamma p}=1$; $K_{\lambda p}=1$; $K_{rp}=1$

$K_p = 0,895 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,97$;

$$P_z = 200 * 2^1 * 0.5^{0.75} * 23,55^0 * 0.97 = 230,7 \text{ кг}$$

5.3. Определение силы резания при чистовой обработке твердосплавным резцом:

$t = 0,5$ мм; $s = 0,14$ мм/об; $v = 192$ м/мин

$C_p = 300$; $n = -0,15$; $x=1$; $y = 0,75$; $K_p = 0,92$;

$$P_z = 300 * 0,5^1 * 0.14^{0.75} * 192^{-0.15} * 0.92 = 14,36 \text{ кг}$$

5.4. Определение силы резания при чистовой обработке резцом из быстрорежущей стали:

$t = 0,5$ мм; $s = 0,15$ мм/об; $v = 75,36$ м/мин

$C_p = 200$; $n = 0$; $x=1$; $y = 0,75$; $K_p = 0,97$

$$P_z = 200 * 0,5^1 * 0.15^{0.75} * 75,36^0 * 0.97 = 23,4 \text{ кг}$$

6. Мощность резания рассчитываем по следующей формуле:

$$N = \frac{P_z * v}{102 * 60}, \text{ кВт.}$$

6.1. Определение мощности резания при обработке твердосплавным резцом.

6.1.1. При черновой обработке:

$$N = \frac{206,53 * 118}{102 * 60} = 3,98 \text{ кВт.}$$

6.1.2. При чистовой обработке:

$$N = \frac{14,36 * 192}{102 * 60} = 0,45 \text{ кВт.}$$

6.2. Определение мощности резания при обработке резцом из быстрорежущей стали:

6.2.1. При черновой обработке:

$$N = \frac{230,7 * 23,55}{102 * 60} = 0,88 \text{ кВт.}$$

6.2.2. При чистовой обработке:

$$N = \frac{23,4 * 75,36}{102 * 60} = 0,29 \text{ кВт.}$$

В результате произведенных расчетов получили, что затрачиваемая мощность при точении твердосплавным инструментом как при черновой, так и при чистовой больше, чем при точении инструментом из быстрорежущей стали ($3,98 \text{ кВт} > 0,88 \text{ кВт}$, $0,45 \text{ кВт} > 0,29 \text{ кВт}$). Вследствие чего, основные составляющие (P_z и U) в формуле мощности при обработке твердосплавным инструментом больше, следовательно, больше и затраты мощности.

7. Определение стоимости обработки производится исходя из расхода мощности за время обработки.

7.1. Определение стоимости обработки твердосплавным резцом.

$$\sum C = (N_{\text{чер.обр}} * T_{\text{чер.обр}} + N_{\text{чист.обр}} * T_{\text{чист.обр}}) * Z_{\text{руб.}}$$

$$\sum C = (3,98 * 0,14 + 0,45 * 0,69) * 3,17 = 2,72 \text{ руб.}$$

7.2. Определение стоимости обработки резцом из быстрорежущей стали

$$\sum C = (0,88 * 0,08 + 0,29 * 0,21) * 3,17 = 0,42 \text{ руб.}$$

Из рассчитанного выше следует, что обработка резцами из быстрорежущей стали экономически выгоднее, чем обработка резцами из твердых сплавов.