

3. ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

3.1. Обозначения

В рисунках, пояснительном тексте, задачах, заданиях и решениях гл. 3 использованы обозначения, приведенные в гл. 1–2 и в табл. 3.1.

3.1. Обозначения и размерности некоторых величин

Наименование величины	Обозначение	Размерность	
Машинное время	τ_m	мин.	
Время наладки инструмента	τ_n		
Минутная зарплата	станочника	E_c	руб./мин.
	наладчика	E_n	
Накладные расходы	НР	%	
Стоимость инструмента	Q	руб.	
Затраты на одну заточку инструмента	q_3		
Количество заточек, допускаемое инструментом	i_3		
Число граней многогранной режущей пластины	$i_{гр}$		
Показатель относительной стойкости	m	–	
Жесткость системы	j	Н/мм	
Высота неровностей микропрофиля	R_z	мм	
Радиус вершины режущего лезвия	r_b		

3.2. Элементы теории

При резании совокупное действие силовых и температурных факторов активизирует механическое истирание, адгезионные, диффузионные и другие процессы на контактных площадках инструмента, приводящие к изменению формы и размеров режущих лезвий.

Наиболее существенное формоизменение инструмента происходит при его изнашивании.

Изнашивание, как правило, сопровождается возникновением лунки глубиной h_n на передней поверхности отдельного лезвия, площадки износа длиной l_2 на его задней поверхности и увеличением радиуса вершины лезвия (рис. 3.1).

Основное влияние на работоспособность лезвия оказывает изнашивание задней поверхности. Прямо пропорционально увеличению длины l_2 возрастают радиальная составляющая силы резания, размерный износ лезвия

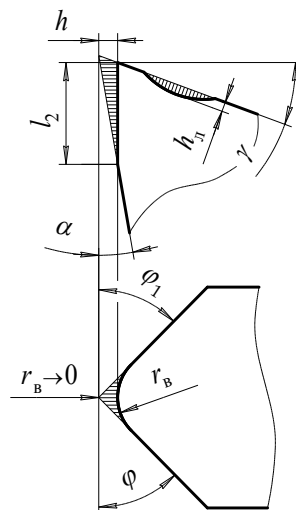


Рис. 3.1. Типичный вид изношенного лезвия

$$h = l_2 \frac{\operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \gamma}, \text{ мм} \quad (3.1)$$

и его относительный поверхностный износ

$$\tilde{h} = \frac{h}{A} \cdot 10^6, \text{ мм/мм}^2, \quad (3.2)$$

где A – площадь поверхности, обработанной лезвием до его размерного износа h , мм². При продольном точении $A = \pi dL$; при обработке отверстий осевым инструментом $A = \pi dL/z$; при цилиндрическом фрезеровании $A = BL/z$.

По достижении некоторой критической величины l_2 начинается катастрофическое изнашивание лезвия, и оно теряет свою работоспособность.

Промежуток времени T , в течение которого новое или восстановленное лезвие работает до отказа, называется периодом стойкости лезвия.

Величина T входит в так называемый «закон стойкости» (табл. 3.2), в котором значения коэффициента C_v и показателей степени m , x_v , y_v , q_v и др. зависят, в первую очередь, от физико-механических свойств инструментального и обрабатываемого материалов и вида обработки резанием.

3.2. Закон стойкости для некоторых видов обработки резанием

Вид обработки резанием	Закон стойкости (v , м/мин)
Точение	$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S_0^{y_v}}$
Сверление	$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S_0^{y_v}}$
Рассверливание, зенкерование, развертывание	$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S_0^{y_v}}$
Фрезерование	$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S_z^{y_v} B_z^{u_v} z^{p_v}}$

Максимально допустимый в конкретных условиях обработки износ режущего инструмента зависит от выбранного критерия затупления.

При экономическом критерии затупления период стойкости инструмента (называемый экономическим периодом стойкости $T_{эк}$) определяют, исходя из минимума себестоимости обработки резанием:

$$T_{эк} = \frac{1 - m}{m} \cdot \frac{B_2 + B_3}{B_1}, \text{ мин.} \quad (3.3)$$

Здесь

$$B_1 = k_0 E_c \left(1 + \frac{\text{НР}}{100} \right), \text{ руб./мин.}, \quad (3.4)$$

$$B_2 = \tau_n E_n \left(1 + \frac{HP}{100} \right), \text{ руб.} \quad (3.5)$$

В формуле (3.4) величина k_0 показывает, во сколько раз время операции, на которой применяется данный инструмент, больше машинного времени.

Комплекс B_3 для инструмента, допускающего заточку, имеет вид

$$B_3 = \frac{Q + q_3 i_3}{i_3 + 1}, \text{ руб.}, \quad (3.6)$$

а для инструмента со сменными многогранными пластинами

$$B_3 = \frac{Q}{i_{гр}}, \text{ руб.} \quad (3.7)$$

Полный период стойкости (срок службы) заточиваемого инструмента

$$A = (i_3 + 1)T, \text{ мин.} \quad (3.8)$$

а инструмента с многогранными пластинами

$$A = i_{гр} T, \text{ мин.} \quad (3.9)$$

Количество единиц инструмента (или сменных пластин), необходимое для обработки N одинаковых изделий

$$K = \frac{N}{A} \tau_m, \text{ шт.}, \quad (3.10)$$

а затраты на инструмент, приходящиеся на одно изделие,

$$3 = \frac{\tau_m}{T} B_3, \text{ руб./шт.} \quad (3.11)$$

Себестоимость собственно обработки резанием, не учитывающая амортизацию оборудования, стоимость заготовки и оснастки,

$$C = \tau_m \left(B_1 + \frac{B_2 + B_3}{T} \right), \text{ руб.} \quad (3.12)$$

В соответствии с *критерием точности обработки* замену инструмента следует производить, когда изменение Δ размера обрабатываемой поверхности, возникающее из-за изнашивания инструмента, превышает предельно допустимую величину.

При точении изменение диаметра обработанной поверхности, связанное с изнашиванием инструмента,

$$\Delta = 2(h + \delta_p), \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Отжиг инструмента из-за возрастания радиальной составляющей силы резания

$$\delta_p = \frac{N_2}{j} \cos \varphi, \text{ мм.} \quad (3.14)$$

Силу, действующую по нормали к задней поверхности режущего лезвия, находят экспериментально или рассчитывают по формуле

$$N_2 \approx 0,25bl_2\sigma_{-в}, \text{ Н,} \quad (3.15)$$

где $\sigma_{-в}$ – предел прочности обрабатываемого материала при сжатии, МПа.

В соответствии с *критерием шероховатости поверхности* замену инструмента следует производить, когда высота неровностей микропрофиля обработанной поверхности перестает соответствовать требуемой.

При работе острозаточенным резцом ($r_b \rightarrow 0$)

$$R_z = S_o \frac{\text{tg } \varphi \text{ tg } \varphi_1}{\text{tg } \varphi + \text{tg } \varphi_1}, \text{ мм,} \quad (3.16)$$

а при работе резцом, у которого $r_b \geq S_o$,

$$R_z \approx \frac{S_o^2}{8r_b}, \text{ мм.} \quad (3.17)$$

Как видно из (3.17), с увеличением радиуса вершины значение R_z снижается, что в ряде случаев недопустимо.

Под действием высоких температур и давлений в процессе резания может происходить пластическое деформирование лезвия с изменением его первоначальной геометрии (рис. 3.2).

Это явление выражено тем сильнее, чем ниже *запас пластической прочности* инструмента

$$n_r = \frac{20H_R}{\sqrt{\sigma_b^2 + 3,16f_1^2}}. \quad (3.18)$$

Здесь H_R – твердость материала режущей части инструмента, МПа; f_1 – удельная сила трения на передней поверхности отдельного лезвия, МПа.

Если пренебречь силами на задней поверхности лезвия, то

$$f_1 = \frac{P_z \sin \gamma + P_N \cos \gamma}{bl_1}, \text{ МПа.} \quad (3.19)$$

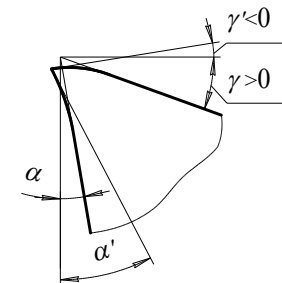


Рис. 3.2. Деформирование режущего лезвия

3.3. Примеры решения задач

Задача 3а. Цилиндрическая фреза диаметром 100 мм имеет 10 зубьев и работает с глубиной резания 8 мм. Производительность процесса резания при фрезеровании 62 см³/мин, а скорость подачи инструмента 120 мм/мин.

Период стойкости фрезы составляет 30 мин, по истечении которых отдельный зуб имеет площадку износа на задней поверхности 0,8 мм.

Каков относительный поверхностный износ зуба фрезы на момент отказа инструмента, если передний угол зубьев 10°, а задний угол 8°?

Решение.

Подставляя в (3.2) соотношение (3.1) и формулу площади поверхности, обработанной отдельным зубом фрезы, получаем выражение

$$\tilde{h} = \frac{zl_2}{BL} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \gamma} \cdot 10^6, \text{ мм/м}^2, \quad (3.20)$$

в котором нам не известны ширина фрезерования B и длина обработанной поверхности L .

Величину B найдем из формулы (1.21), которая с учетом (1.3) и (1.4) принимает вид

$$\Pi = \frac{tv_s B}{1000}, \text{ см}^3/\text{мин.}$$

Тогда

$$B = \frac{1000\Pi}{tv_s}, \text{ мм.} \quad (3.21)$$

Для отыскания длины обработанной поверхности используем выражение (1.22), подставив в него величину врезания из табл. 1.2:

$$L = v_s \tau_m - \sqrt{Dt - t^2}, \text{ мм.} \quad (3.22)$$

Поскольку фреза работала до отказа, то $\tau_m = T$. Учитывая это обстоятельство и подставляя (3.21) и (3.22) в (3.20), окончательно получаем

$$\tilde{h} = \frac{1000zl_2}{\Pi} \cdot \frac{tv_s}{v_s T - \sqrt{Dt - t^2}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \gamma}, \text{ мм/м}^2,$$

откуда находим, что $\tilde{h} = 5 \text{ мм/м}^2$.

Задача 3б. При рассверливании отверстия диаметром 9 мм до диаметра 18 мм минутная зарплата станочника составляет 10 руб., операционное время на 20% больше машинного, а накладные расходы 100%. Наладчик на этой операции не требуется.

Сверло стоит 780 руб. и выдерживает 9 заточек, затраты на каждую из которых 20 руб., а закон стойкости для этой операции имеет вид

$$v = \frac{11D^{0,4}}{T^{0,16} t^{0,2} S_0^{0,45}}, \text{ м/мин.}$$

Какую скорость подачи следует придать сверлу, чтобы при частоте вращения 460 об/мин период стойкости инструмента был экономически целесообразным?

Решение.

Скорость подачи при заданной частоте вращения инструмента рассчитаем с помощью (1.4), определив величину подачи на один оборот сверла.

Из приведенного в условии задачи закона стойкости находим, что

$$S_0 = \left(\frac{C_v D^{u_v}}{T^m t^{x_v} v} \right)^{1/y_v}, \text{ мм/об.}$$

или, с учетом (1.3),

$$S_0 = \left(\frac{1000C_v}{\pi} \cdot \frac{D^{u_v-1}}{T^m t^{x_v} n} \right)^{1/y_v}, \text{ мм/об.} \quad (3.23)$$

Глубина резания при рассверливании $t = (D - D_0)/2$, т.е. в данном случае $t = 4,5 \text{ мм}$. Следовательно, в выражении (3.23) нам неизвестен только период стойкости инструмента.

По условию задачи период стойкости сверла должен быть экономически целесообразным. Рассчитаем значение $T_{\text{эк}}$.

По формуле (3.4) при $E_c = 10$ и $k_0 = 1,2$ получаем, что $B_1 = 24 \text{ руб./мин.}$

Поскольку наладчик на этой операции не требуется, $B_2 = 0$.

По формуле (3.6) при $Q = 780$, $q_3 = 20$ и $i_3 = 9$ находим, что $B_3 = 96 \text{ руб.}$

Из закона стойкости, приведенного в условии задачи, видно, что $m = 0,16$. Тогда из (3.3) получаем, что $T_{\text{эк}} = 21 \text{ мин.}$

Подставив найденное значение $T_{\text{эк}}$ в выражение (3.23), а его, в свою очередь, в формулу (1.4), окончательно имеем:

$$v_s = n^{1-1/y_v} \left(\frac{1000C_v}{\pi} \cdot \frac{D^{u_v-1}}{T_{\text{эк}}^m t^{x_v}} \right)^{1/y_v}, \text{ мм/мин.} \quad (3.24)$$

Расчет по формуле (3.24) показывает, что $v_s = 154 \text{ мм/мин.}$

Задача 3в. Быстрорежущим резцом, твердость которого 60 МПа, производится отрезка заготовок из стали с пределом прочности 700 МПа. Резец имеет передний угол 10° и работает с подачей 0,13 мм/об.

Каков запас пластической прочности режущего клина, если на этой операции длина контакта стружки с передней поверхностью инструмента 1,2 мм, коэффициент утолщения стружки 1,5, а силами, действующими на задней поверхности резца, можно пренебречь?

Решение.

Для того, чтобы рассчитать запас пластической прочности по формуле (3.18), нам не хватает только значения удельной силы трения на передней поверхности резца.

Величина f_1 описывается зависимостью (3.19), в которую входят главная составляющая силы резания и сила, действующая по нормали к главной режущей кромке.

В случае, когда можно пренебречь силами на задней поверхности инструмента, значения P_z и P_N определяются выражениями (2.10) и (2.11).

Подставим (2.10) и (2.11) в (3.19) и после несложных преобразований, учитывая, что при отрезке $\varphi = 90^\circ$, т.е. $a = S_0$, получим

$$f_1 = 0,9 S_0 \sigma_{\text{в}} \frac{K_a (\operatorname{tg} \gamma + 1) - \sec \gamma}{l_1}, \text{ МПа.} \quad (3.25)$$

Рассчитав значение f_1 по формуле (3.25), а затем запас пластической прочности по формуле (3.18), находим, что $n_T = 1,7$.

3.4. Задачи

3.01 Режущее лезвие работает с углом резания 80° и задним углом в два раза меньше переднего. Какая площадка износа образовалась на задней поверхности лезвия, если его размерный износ достиг $0,08$ мм?

3.02 На станок установлен резец с передним углом 18° и задним углом 10° , имеющий площадку износа на задней поверхности $0,2$ мм.

Какова будет длина этой площадки после того, как в процессе работы резец приобретет размерный износ $0,15$ мм?

3.03 Режущее лезвие имеет передний угол 11° .

Каким должен быть задний угол лезвия, чтобы его размерный износ составлял не более 12% от длины площадки износа по задней поверхности?

3.04 При продольной обточке четырех заготовок диаметром 61 мм и длиной 75 мм размерный износ резца составил $0,1$ мм.

Каков относительный поверхностный износ инструмента, если он работал с глубиной резания 4 мм?

3.05 При сверлении отверстия глубиной 100 мм со скоростью резания 24 м/мин размерный износ отдельного лезвия инструмента составил $0,12$ мм.

Каков относительный поверхностный износ лезвия, если частота вращения сверла 200 об/мин?

3.06 Сверло диаметром 24 мм имеет угол заборного конуса 120° и работает со скоростью подачи 255 мм/мин. Машинное время сверления одного отверстия 30 секунд.

Каков размерный износ отдельного лезвия инструмента после обработки отверстия, если его относительный поверхностный износ 11 мм/м²?

3.07 Для некоторой операции обработки резанием экспериментально получено, что $v \sim \frac{1}{\sqrt[3]{T}}$. В какую сторону и насколько (в процентах) следует изменить скорость резания на этой операции, чтобы повысить период стойкости инструмента в 2 раза?

3.08 В законе стойкости при сверлении (см. табл. 3.2) $C_v = 9,7$; $y_v = 0,5$; $q_v = 0,4$; $m = 0,2$. Какой производительности процесса резания можно достичь при обработке отверстия диаметром 15 мм с подачей $0,4$ мм/об, если период стойкости сверла 24 мин?

3.09 Какой период стойкости инструмента обеспечивается в условиях задачи 3.08 при работе со скоростью подачи 183 мм/мин?

3.10 Эксперимент показал, что в законе стойкости при зенкеровании (см. табл. 3.2) $C_v = 69$; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,45$; $q_v = 0,4$; $m = 0,4$.

Какую подачу на зуб должен иметь трехзубый зенкер диаметром 20 мм, чтобы при скорости резания 50 м/мин и суммарном сечении среза $3,6$ мм² период стойкости инструмента составлял 30 мин?

3.11 Зенкер диаметром 32 мм, работая со скоростью резания 56 м/мин и скоростью движения подачи 400 мм/мин, имеет период стойкости 40 мин.

Каков диаметр отверстия под зенкерование, если закон стойкости на этой операции описывается тем же выражением, что и в задаче 3.10?

3.12 В законе стойкости при цилиндрическом фрезеровании (см. табл. 3.2) $C_v = 35,4$; $x_v = 0,3$; $y_v = 0,4$; $q_v = 0,45$; $u_v = p_v = 0,1$; $m = 0,33$.

Фреза диаметром 90 мм имеет 10 зубьев и работает с подачей 2 мм/об. Угол контакта зубьев фрезы с заготовкой 21° , ширина фрезерования 57 мм.

С какой скоростью резания должна работать фреза, чтобы ее период стойкости составлял 120 мин?

3.13 На токарном станке обрабатывают «напроход» заготовку диаметром 75 мм и длиной 98 мм резцом с квадратной сменной пластиной, имеющей главный угол в плане 45° . Скорость резания при точении 50 м/мин, подача $0,5$ мм/об, глубина резания 4 мм. Время операции (с учетом вспомогательного) $1,4$ мин, показатель относительной стойкости $0,2$.

Стоимость пластины 315 руб., минутная зарплата токаря 5 руб., накладные расходы 80% , наладчик на этой операции не требуется.

Каков экономический период стойкости отдельной грани пластины?

3.14 Сколько сменных пластин потребуется для обработки 1000 заготовок в условиях задачи 3.13, если каждая грань пластины будет работать с экономическим периодом стойкости?

3.15 Ступень диаметром 80 мм на заготовке диаметром 90 мм протачивают с подачей $0,8$ мм/об резцом, который оснащен шестигранной сменной пластиной стоимостью 378 руб. Минутная зарплата токаря 3 руб., накладные расходы 75% , время операции в $1,2$ раза больше машинного, наладчик на этой операции не требуется.

При какой частоте вращения заготовки период стойкости отдельной грани режущей пластины будет равен экономическому, если в законе стойкости (см. табл. 3.2) $C_v = 215$; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,25$; $m = 0,2$?

3.16 Какова себестоимость обработки резанием в условиях задачи 3.15, если длина обтачиваемой ступени 150 мм, а вспомогательный угол в плане режущей пластины 5° ?

3.17 Для сквозной расточки кольца (см. рис. 3.3) используют резец с четырехгранной сменной пластиной стоимостью 300 руб. При скорости резания 71 м/мин и подаче $0,54$ мм/об каждая грань пластины работает до отказа 20 мин.

Предлагается заменить резец четырехзубым зенкером с углом заборного конуса 120° , который

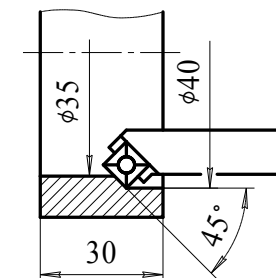


Рис. 3.3. К задаче 3.17

имеет период стойкости 40 мин. при скорости резания 44 м/мин и подаче 0,25 мм/зуб. Стоимость зенкера 1160 руб., он может выдержать 10 заточек, затраты на каждую из которых составляют 80 руб.

Целесообразно ли заменить резец зенкером с точки зрения затрат на инструмент, приходящихся на одно изделие?

3.18 Сколько режущих пластин и сколько зенкеров потребуется в условиях задачи 3.17 для обработки 9750 одинаковых колец?

3.19 Сверло диаметром 16 мм работает с подачей 0,25 мм/об и имеет угол заборного конуса 116°. Стоимость сверла 1800 руб., оно выдерживает 20 заточек, расходы на каждую из которых составляют 15 руб.

Минута работы станочника стоит 8 руб., наладчик на данной операции не требуется, операционное время в 1,25 раза больше машинного, накладные расходы 100%.

Экспериментальным путем для этой операции получена зависимость

$$v = \frac{12D^{0,4}}{T^{0,2}S_o^{0,5}}, \text{ м/мин.}$$

Какое количество сверл потребуется для обработки 7000 сквозных отверстий длиной 55 мм, если замену инструмента производить в соответствии с экономическим критерием затупления?

3.20 Сколько сверл потребуется в условиях задачи 3.19 для обработки такого же количества отверстий, если применить инструмент с износостойким покрытием, которое увеличит стоимость сверла на 700 руб.?

3.21 Себестоимость обработки резанием при сверлении отверстия диаметром 20 мм и глубиной 70 мм составляет 20 руб./шт.

Сверло имеет угол заборного конуса 118°, работает со скоростью подачи 112 мм/мин, стбит 1000 руб. и выдерживает 12 заточек, стоимость каждой из которых 25 руб.

Минутная зарплата станочника 10 руб., операционное время больше машинного в 1,4 раза, накладные расходы 85%, наладчик на этой операции не требуется.

Каков период стойкости инструмента?

3.22 В заготовке сверлят отверстие диаметром 24 мм и глубиной 80 мм инструментом с углом заборного конуса 120° при подаче 0,4 мм/об и скорости резания 37,7 м/мин.

Каков полный период стойкости (срок службы) сверла, если его можно затачивать 14 раз, а время работы сверла до отказа в 46 раз больше машинного времени операции?

3.23 В законе стойкости при сверлении (см. табл. 3.2) $C_v = 9$; $y_v = 0,5$; $q_v = 0,4$; $m = 0,2$. Сверло диаметром 8 мм работает с подачей 0,25 мм/зуб, стоимость сверла 1200 руб., оно выдерживает 15 заточек, расходы на каждую из которых составляют 28 руб.

Минутная зарплата станочника 5 руб., наладчик на данной операции не требуется, операционное время в 1,2 раза больше машинного, накладные расходы 70%.

С какой скоростью резания следует сверлить отверстие, чтобы период стойкости инструмента был экономически целесообразным?

3.24 Стальную заготовку обрабатывают цилиндрической фрезой с десятью зубьями при глубине резания 5 мм, подаче 0,12 мм/зуб и скорости резания 33 м/мин. Длина обрабатываемой поверхности 124 мм, угол контакта при фрезеровании 25°.

Каков период стойкости фрезы, если затраты на инструмент, приходящиеся на одно изделие, составляют 12 руб./шт., фреза стбит 3000 руб. и выдерживает 12 заточек, расходы на каждую из которых 70 руб.?

3.25 При обработке заготовок шириной 80 мм и длиной 132 мм цилиндрической фрезой диаметром 100 мм, которая имеет 20 зубьев, глубина резания составляет 6 мм, скорость резания 31,4 м/мин, а скорость подачи инструмента 300 мм/мин.

В законе стойкости для этой операции (см. табл. 3.2) $C_v = 35,3$; $x_v = 0,3$; $y_v = 0,4$; $q_v = 0,45$; $u_v = p_v = 0,1$; $m = 0,33$.

Сколько фрез понадобится для обработки 11000 заготовок, если каждая фреза допускает 8 заточек?

3.26 Каковы затраты на инструмент при обработке всех заготовок в условиях задачи 3.25, если фреза стбит 3650 руб., а расходы на каждую ее заточку составляют 95 руб.?

3.27 Себестоимость обработки резанием составляет 15 руб./шт. при машинном времени 30 секунд и периоде стойкости инструмента 60 мин.

Инструмент выдерживает 10 заточек, затраты на каждую из которых 60 руб. Наладчик на данной операции не требуется, а показатель относительной стойкости 0,25.

Сколько стбит инструмент, если его экономический период стойкости 40 мин?

3.28 Закон стойкости для операции фрезерования имеет вид

$$v = \frac{35,4D^{0,45}}{T^{0,33}t^{0,3}S_z^{0,4}B^{0,1}z^{0,1}}, \text{ м/мин.}$$

Цилиндрическая фреза стоимостью 4400 руб. допускает 9 заточек, расходы на каждую из которых 95 руб.

Минутная зарплата фрезеровщика 10 руб., а наладчика 40 руб. Операционное время обработки одного изделия в 1,2 раза больше машинного, время подналадки станка при замене инструмента 6 мин, накладные расходы составляют 80%.

Каков экономический период стойкости инструмента?

3.29 Какова в условиях задачи 3.28 себестоимость обработки резанием заготовки шириной 50 мм и длиной 148 мм при экономически целесообразном периоде стойкости инструмента, если фреза диаметром 80 мм имеет десять зубьев и работает с глубиной резания 4 мм и подачей 0,17 мм/зуб?

3.30 При продольном точении участка заготовки длиной 85 мм экономически целесообразно менять грани квадратной сменной пластины каждые 20 мин, хотя время работы грани до отказа на 50% больше.

Резец, оснащенный этой пластиной, работает со скоростью подачи 150 мм/мин, глубиной резания 5 мм и имеет главный угол в плане 45°. Наладчик на этой операции не требуется, а показатель относительной стойкости равен 0,2.

Сколько стбит пластина, если себестоимость операции при полном использовании стойкостного ресурса пластины 14 руб./шт.?

3.31 При продольном точении заготовки с глубиной резания 2 мм к моменту времени, когда размерный износ резца достиг 0,1 мм, удельная нормальная сила на его задней поверхности составила 500 МПа.

Насколько возросла (по сравнению с началом обработки, когда инструмент практически не имел износа) радиальная составляющая силы резания, если передний угол инструмента 18°, задний 6°, а главный угол в плане 50°?

3.32 Насколько изменился диаметр обработанной поверхности в условиях задачи 3.31, если жесткость системы «резец – заготовка» 15,5 кН/мм?

3.33 К концу рабочего хода при продольной обточке заготовки диаметром 65 мм и длиной 90 мм отжатие инструмента, связанное с возрастанием радиальной составляющей силы резания, достигает 0,05 мм.

Резец работает с шириной среза 4 мм, углом резания 100°, задним углом 8° и главным углом в плане 90°. Предел прочности при сжатии материала заготовки 1200 МПа, жесткость системы «резец – заготовка» 14100 Н/мм.

Каков относительный поверхностный износ инструмента в конце его рабочего хода?

3.34 Относительный поверхностный износ резца при продольном точении заготовки диаметром 76 мм и длиной 120 мм составляет 2 мм/м².

Передний угол резца 12°, задний угол 6°, главный угол в плане 55°. Предел прочности при сжатии обрабатываемого материала 1100 МПа, жесткость системы «резец – заготовка» 17 кН/мм.

Насколько изменится диаметр обработанной поверхности к концу рабочего хода инструмента, если глубина резания при точении 5 мм?

3.35 При продольном точении цилиндрической заготовки диаметром 100 мм острозаточенный резец с главным углом в плане 45° и вспомогательным углом в плане 10° снимает срез сечением 5 мм².

Какова высота микронеровностей обработанной поверхности, рассчитанная из геометрических соображений, если скорость главного движения у вершины резца на 10% меньше, чем скорость резания?

3.36 При продольном точении заготовки диаметром 39 мм применяется острозаточенный резец с главным углом в плане 60° и вспомогательным 20°.

Какую наибольшую скорость подачи можно придать инструменту, чтобы при скорости резания 49 м/мин высота микронеровностей на обработанной поверхности не превышала 0,1 мм?

3.37 Насколько можно увеличить скорость подачи инструмента в условиях задачи 3.36, если использовать резец с радиусом вершины 0,5 мм?

3.38 На токарном станке с числовым программным управлением обрабатывают за один проход заготовку, которая имеет цилиндрическую и коническую поверхности.

Острозаточенный резец с главным углом в плане 45° работает с подачей 0,2 мм/об и при точении цилиндрического участка заготовки оставляет на обработанной поверхности микронеровности высотой 100 мкм.

Какой будет высота микронеровностей при обработке конического участка заготовки с углом 60° при вершине конуса?

3.39 Острозаточенный проходной токарный резец оснащен квадратной сменной пластиной и работает с подачей 0,32 мм/об.

Какой вспомогательный угол в плане следует придать инструменту, чтобы высота микронеровностей обработанной поверхности, рассчитанная из геометрических соображений, составляла 80 мкм, а главный угол в плане был больше вспомогательного?

3.40 При продольном точении цилиндрической заготовки с глубиной резания 5 мм скорость резания составляет 80 м/мин.

Какой радиус следует придать вершине проходного резца, чтобы при производительности процесса резания 160 см³/мин обеспечить высоту микронеровностей обработанной поверхности не более 20 мкм?

3.41 Заготовку диаметром 93 мм обтачивают проходным резцом, снимая припуск 9 мм на диаметр.

Для этой операции экспериментально получена зависимость

$$v = \frac{177}{T^{0,2} t^{0,15} S_0^{0,35}}, \text{ м/мин.}$$

Высота микронеровностей обработанной поверхности, рассчитанная из геометрических соображений, не должна превышать 0,1 мм.

Какой радиус следует придать вершине резца, чтобы обеспечить эту высоту микронеровностей, если при частоте вращения заготовки 250 об/мин период стойкости инструмента должен быть не менее 40 мин?

3.42 Острозаточенным резцом с главным углом в плане 45° и вспомогательным 10° обрабатывают «напроход» цилиндрическую поверхность диаметром 120 мм и длиной 175 мм при глубине резания 2,5 мм.

Исследования показали, что для этой операции

$$P_z = 3800ba^{0,75}v^{-0,15}, \text{ Н.}$$

Каково машинное время операции, если известно, что высота микронеровностей обработанной поверхности не превышает 60 мкм, а эффективная мощность процесса резания 4 кВт?

3.43 При продольном точении заготовки применяют острозаточенный резец с главным углом в плане 45° и вспомогательным углом в плане 20°, работающий с подачей 0,3 мм/об.

Закон стойкости для этой операции имеет вид

$$v = \frac{70}{T^{0,2} t^{0,15} S_0^{0,45}}, \text{ м/мин.}$$

Насколько (в процентах) можно увеличить скорость подачи инструмента, если заменить этот резец резцом с радиусом вершины 1 мм, добившись при

этом, чтобы высота микронеровностей обработанной поверхности, рассчитанная из геометрических соображений, осталась прежней, а период стойкости инструмента возрос на 25%?

3.44 Резцом со сменной пластиной твердостью 85 МПа обтачивают заготовку из конструкционной стали, предел прочности которой 610 МПа.

Передний угол резца 0° , подача 0,2 мм/об, скорость резания 100 м/мин.

Известно, что при точении этой стали

$$P_x = 2860tS_0^{0,5}v^{-0,4}, \text{ Н.}$$

Каков запас пластической прочности режущего клина, если длина контактной площадки между стружкой и передней поверхностью резца составляет 1,2 мм, а силами, действующими на задней поверхности инструмента, можно пренебречь?

3.45 Резцом из быстрорежущей стали, твердость которой в закаленном состоянии 60 МПа, производится отрезка заготовок из легированной стали, имеющей предел прочности 640 МПа.

Измерения показали, что при ширине резца 4 мм и угле резания 75° главная составляющая силы резания равна 2050 Н, радиальная 1000 Н, а длина контакта стружки с передней поверхностью инструмента 1 мм.

Каков запас пластической прочности режущего клина, если силами, действующими на задней поверхности инструмента, можно пренебречь?

3.46 При точении заготовки из стали с пределом прочности 550 МПа экспериментально получено, что $P_x = 0,7$ кН, $P_y = 1$ кН, $P_z = 3$ кН.

Резец со сменной пластиной твердостью 90 МПа работает с глубиной резания 3 мм и имеет передний угол 15° .

Каков запас пластической прочности режущего клина, если длина контакта стружки с передней поверхностью резца 1,3 мм, а силами, действующими на задней поверхности инструмента, можно пренебречь?

3.47 При каком переднем угле резца запас пластической прочности режущего клина в условиях задачи 3.46 возрастет до 2,8?

3.48 Измерения показали, что при продольном точении заготовки резцом с передним углом 5° $P_z = 2,5$ кН, $P_N = 1$ кН, длина контактной площадки на передней поверхности резца 1 мм, а коэффициент утолщения стружки 1,4.

Резец из быстрорежущей стали, твердость которого 64 МПа, имеет главный и вспомогательный углы в плане по 45° и снимает срез сечением 2 мм².

Каков запас пластической прочности режущего клина, если высота микронеровностей обработанной поверхности составляет 0,2 мм, а силами, действующими на задней поверхности инструмента, можно пренебречь?

3.49 Насколько и в какую сторону изменится запас пластической прочности режущего клина, если в условиях задачи 3.48 для снижения высоты микронеровностей обработанной поверхности до 0,1 мм применить инструмент с радиусом вершины 0,8 мм?

3.50 Резцом с квадратной сменной пластиной твердостью 80 МПа обтачивают заготовку из материала, предел прочности которого 670 МПа.

Передний угол резца 0° , скорость резания 50,4 м/мин, подача 0,5 мм/об.

Стоимость пластины 280 руб., минутная зарплата токаря 5 руб., накладные расходы 100%, время операции в 1,4 раза больше машинного, наладчик на этой операции не требуется.

В законе стойкости (см. табл. 3.2) $C_v = 95$; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,25$; $m = 0,2$.

Каков запас пластической прочности режущего клина при экономическом периоде стойкости инструмента, если длина контакта стружки с резцом 1,5 мм, осевая составляющая силы резания 1500 Н, а силами, действующими на задней поверхности инструмента, можно пренебречь?

3.5 Задания

Задание 3.1 На стадии регулярного изнашивания ($\tau \in [\tau_0; T]$, рис. 3.2) длина площадки износа связана со временем обработки τ зависимостью

$$l_2(\tau) = l_{o2} + (\tau - \tau_0) \operatorname{tg} \mu_T, \text{ мм.}$$

При продольном точении заготовки из материала, предел прочности которого при сжатии

800 МПа, используется резец с главным углом в плане 45° , передним углом 15° и задним углом 6° .

Оцените, насколько изменится вследствие изнашивания резца диаметр обработанной поверхности к моменту времени, который соответствует экономическому периоду стойкости инструмента.

Жесткость системы «резец – заготовка» 5 кН/мм. Другие необходимые для расчета данные приведены в табл. 3.3. Прочерк в столбце q_3 означает, что резец оснащен сменной пластиной с числом граней $i_{гр}$.

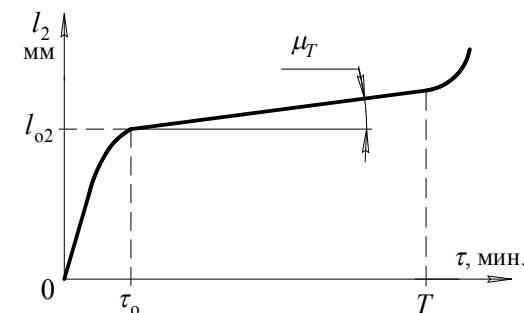


Рис. 3.4. К заданию 3.1

3.3. Исходные данные к заданию 3.1

Вариант	m	k_0	$\tau_{нв}$, мин.	НР, %	E_c , руб./мин.	$E_{нв}$, руб./мин.	Q , руб.	q_3 , руб.	i_2 или $i_{гр}$	t , мм	l_{o2} , мм	τ_0 , мин.	μ_T , °
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
01	0,10	1,2	1,0	100	10	30	500	-	6	4	0,2	1	0,5
02	0,11								5				
03	0,12								4				
04	0,13								3				
05	0,14		2,5	95	40	40	40	50	5				
06	0,15								6				
07	0,16								7				
08	0,17								8				

Продолжение табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14								
09	0,18	1,3	1,5	90	15	50	400	50	6	5	0,2	1	0,5								
10	0,19			85					5												
11	0,20			4					–												
12	0,21			80					3					400	50	5					
13									5												
14	0,20		75	6					400					30	7						
15	0,19		2,0	70												15	50	600	50	6	0,1
16	0,18								8												
17	0,17								6												
18	0,16								5												
19	0,15	4																			
20	0,14	1,4	70	600	50	6	5														
21	0,15							3,0	65	30	7										
22	0,16											6									
23	0,18							8													
24	0,20	8																			

Задание 3.2 При продольном точении цилиндрической заготовки применяют острозаточенный резец с главным углом в плане φ и вспомогательным углом в плане φ_1 , который работает с глубиной резания t и подачей S_0 .

Закон стойкости для этой операции имеет вид

$$v = \frac{140}{T^{0,2} t^{0,15} S_0^{0,45}}, \text{ м/мин.}$$

Поступило предложение изменить геометрию резца, скруглив его вершину радиусом r_B . Дайте заключение, имеет ли смысл такое изменение с точки зрения производительности процесса резания, если высота микронеровностей обработанной поверхности, рассчитанная из геометрических соображений, измениться не должна, а период стойкости резца при старой и новой геометрии должен быть не меньше T_{\min} .

Необходимые для расчета данные приведены в табл. 3.4.

3.4. Исходные данные к заданию 3.2

Вариант	t , мм	S_0 , мм/об	φ°	φ_1°	r_B , мм	T_{\min} , мин.	Вариант	t , мм	S_0 , мм/об	φ°	φ_1°	r_B , мм	T_{\min} , мин.
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
01	3	0,3	40	15	0,5	70	13	3	0,6	50	20	1,0	55
02						65	14						60
03						60	15						65

Продолжение табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7								
04	4	0,3	40	15	0,5	55	16	4	0,6	50	20	1,0	70								
05		0,4				40	15						0,5	50	17	5	0,7	60	0,6	20	65
06														45	18						55
07		5				0,5	50						15	0,8	40	19	6	0,8	60	0,6	20
08	35		20	55																	
09	6	0,5	50	15	0,8	40	22	6	0,8	60	20	0,6	20	50							
10						45	23							45							
11						50	24							40							
12						50	24							35							