

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХ. И ФИЗ.-ТЕХН. ОБРАБОТКИ

УДК 621.91

В. Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОБРАБОТКИ
ПРИ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ РЕЗАНИЯ,
УСТАНОВЛЕННОЙ А. Д. МАКАРОВЫМ

Приведены результаты исследования по влиянию технологических условий обработки при резании на эксплуатационные свойства деталей машин. *Технологические условия обработки; эксплуатационные свойства деталей; оптимальная скорость резания; качество поверхностного слоя; оптимальная температура резания; режимы резания; геометрия инструмента*

Для управления качеством поверхностного слоя с целью обеспечения эксплуатационных свойств деталей машин целесообразно иметь расчетные зависимости между параметрами, характеризующими качество поверхностного слоя, и условиями их механической обработки. Наиболее обобщенными являются теоретические зависимости, полученные на основе учета одновременного воздействия на поверхностный слой силы и температуры резания.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В связи с этим установлена функциональная связь между режимами резания, геометрией инструмента и параметрами качества поверхностного слоя и точности обработки с учетом свойств обрабатываемого и инструментального материалов, жесткости технологической системы

$$(t, S, v, \varphi, r) = \begin{pmatrix} \sigma_{\text{ост}} R_z h_c T_p \sigma_T E_d \beta_d \beta_{II} \\ a, c, \lambda_d, \lambda_p, \mu, \theta_{\text{пл}}, \alpha, \gamma, \rho_1, \delta \\ j_{\text{сист}} H, B_1, H_1, L_p, \alpha_1, \alpha_p, \lambda_{\text{ст}} \end{pmatrix} \quad (1)$$

где T_p – допуск на обеспечиваемый при обработке размер; β_d и β_{II} – коэффициенты линейного расширения обрабатываемого и инструментального материалов; E_d и τ_p – модуль упругости и сопротивление обрабатываемого материала пластическому сдвигу соответственно; λ_d и λ_p – коэффициенты теплопроводности обрабатываемого и инструментального материалов; $\theta_{\text{пл}}$ – температура плавления обрабатываемого материала; α и γ – задний и передний углы резца; φ – угол резца в плане; ρ_1 – радиус

округления режущей кромки резца; B_1 и H_1 – ширина и высота резца; L_p – длина выступающей части резца из суппорта; H – размер обрабатываемой детали; $\lambda_{\text{ст}}$ – теплопроводность материала державки резца; α_1 и α_p – коэффициент теплопередачи обрабатываемого материала и материала державки резца; $j_{\text{сист}}$ – жесткость технологической системы СПИЗ; t и S – глубина резания и подача; v – скорость резания; r – радиус при вершине резца в плане; $\sigma_{\text{ост}}$ и h_c – остаточные напряжение и глубина наклепа в поверхностном слое; R_z – высота неровностей поверхности; σ_T – предел текучести обрабатываемого материала; μ – коэффициент Пуассона материала обрабатываемой заготовки; c_p – удельная объемная теплоемкость обрабатываемого материала; a – температуропроводность материала обрабатываемой заготовки; δ – длина площадки износа режущего инструмента по задней поверхности.

Таким образом, режимы резания и геометрия инструмента являются функцией характеристик поверхностного слоя, точности обработки, свойств обрабатываемого и инструментального материалов, размеров обрабатываемой детали и режущего инструмента, жесткости технологической системы «станок–приемник–инструмент–заготовка».

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В производственных условиях довольно часто приходится решать вопрос об управлении качеством поверхностного слоя посредством назначения режимов резания и геометрии инструмента. В этом случае целесообразно определять режимы резания, обеспечивающие опти-

мальную температуру в зоне резания, при которой наблюдается минимальный износ режущего инструмента.

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Скорость резания, соответствующая оптимальной температуре резания, называется оптимальной скоростью. При обработке на оптимальных режимах резания получается минимальное или минимально стабилизированное значение высоты неровностей обработанной поверхности Rz , минимальная глубина h_c и степень наклепа H_d , которые в ряде случаев являются желательными в поверхностном слое обработанной детали (рис. 1).

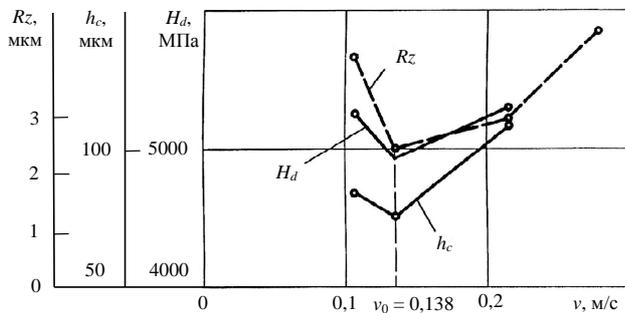


Рис. 1. Зависимость шероховатости обработанной поверхности Rz , микротвердости H_d и глубины наклепа h_c от скорости резания. Фрезерование сплава ХН50ВМКТЮ концевой фрезой из Р18: $S = 0,08$ мм/об; $t = 1$ мм; $\alpha = \gamma = 10^\circ$

Скорость резания, соответствующая оптимальной температуре, называется оптимальной и может быть определена расчетом по формуле, полученной на основе теоретического анализа физических явлений, обусловленных процессом резания [1].

$$v_0 = \frac{K^2 \lambda_{дс} \rho a_1 b_1^2 \left(\frac{a_1}{\rho_1}\right)^{0,2}}{4 \sin^{0,1} \alpha} \left(\frac{\theta_0}{P_z}\right)^2 \times \left[1 + \frac{2,65 \lambda_p \beta \epsilon \left(\frac{a_1}{b_1}\right)^{0,3} P_z}{K^2 a_1 b_1 \lambda_{дс} \rho \left(\frac{a_1}{\rho_1}\right)^{0,025} \sin^{0,065} \alpha \cdot \theta_0} \right] \quad (2)$$

где P_z – сила резания; K – коэффициент, зависящий от скорости резания и подачи, а также свойств обрабатываемого материала; a_1 и b_1 – толщина и ширина среза в зоне резания; β и ϵ – угол заострения и угол при вершине резца в

плане; θ_0 – оптимальная температура в зоне резания.

Работа на оптимальной скорости резания обеспечивает наиболее благоприятные параметры качества поверхности слоя. Так, при оптимальной скорости резания наблюдается минимальная высота неровностей Rz обработанной поверхности и максимальное значение контактной жесткости, что соответствует минимуму сближения контактирующих поверхностей y под нагрузкой (рис. 2), а также максимальное значение предела выносливости σ_{-1} (рис. 3).

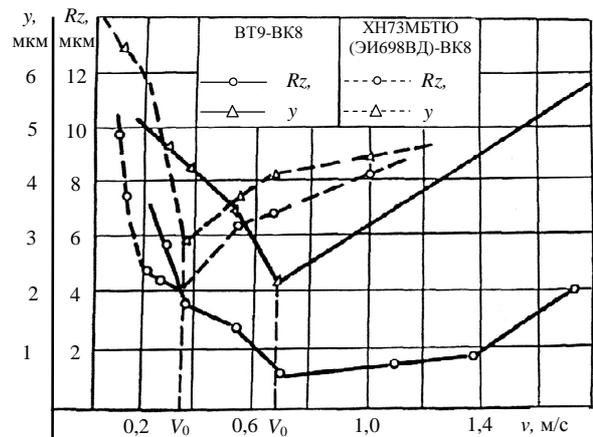


Рис. 2 Зависимость сближения контактирующих поверхностей y от скорости резания при обработке сплава ВТ9: $\alpha = 10^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $\phi = 45^\circ$, $\phi_1 = 15^\circ$, $r = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об; при обработке сплава ХН73МВТЮ те же условия, кроме $\gamma = 10^\circ$; сила нагружения $P = 1470$ Н

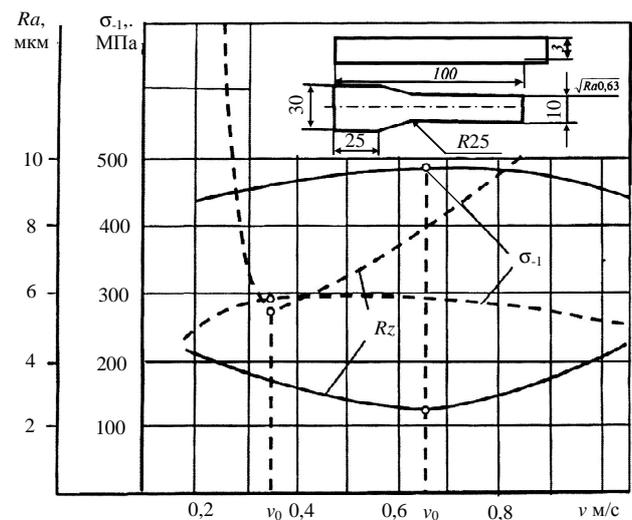


Рис. 3 Влияние скорости резания на предел выносливости обработанных образцов: - - - - - 13Х12НВМФА; ————— ВТ9-ВК8; $S = 0,2$ мм/об; $t = 1$ мм; $\alpha = 10^\circ$; $\phi = 45^\circ$; $\phi_1 = 15^\circ$; $r = 1$ мм. При обработке 13Х12НВМФА $\gamma = 10^\circ$. При обработке ВТ9 $\gamma = 0^\circ$

Зависимость прочности образцов на разрыв σ_B от скорости резания приведена на рис. 4. Условия обработки те же, что и при усталостных испытаниях. Максимальную прочность на разрыв имели образцы, обработанные при оптимальной скорости резания.

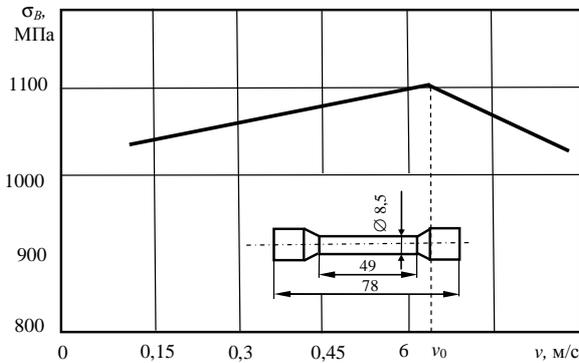


Рис. 4. Зависимость прочности образцов на разрыв от скорости резания. Обрабатываемый материал ВТ9, инструмент из ВК8. Условия обработки те же, что и для усталостных испытаний

При обработке на оптимальных режимах резания наблюдается минимум износа обработанной поверхности (рис. 5). Исследование проводилось при трении качения под нагрузкой 1470 Н.

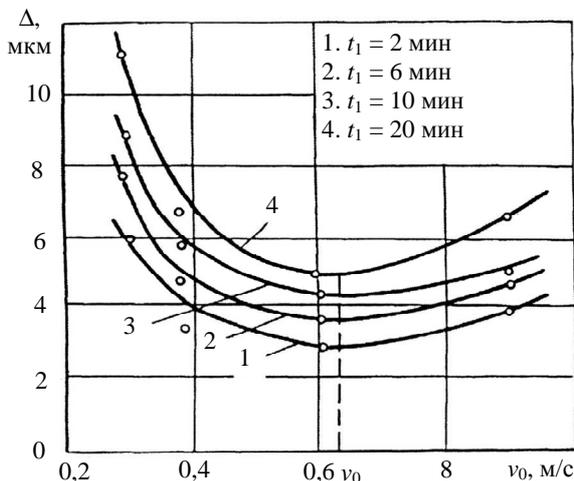


Рис. 5. Зависимость величины износа поверхности, обработанной точением, от скорости резания. Обрабатываемый материал ВТ9. $S = 0,2$ мм/об; $t = 2$ мм; $r = 0,5$ мм; $\alpha = 10^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $\rho_1 = 30$ мкм. Резец из ВК8. Δ – величина износа обработанной поверхности; t_1 – время трения

Такая закономерность объясняется тем, что при оптимальной скорости резания обработанная поверхность имеет наиболее равномерное распределение неровностей (рис. 6).

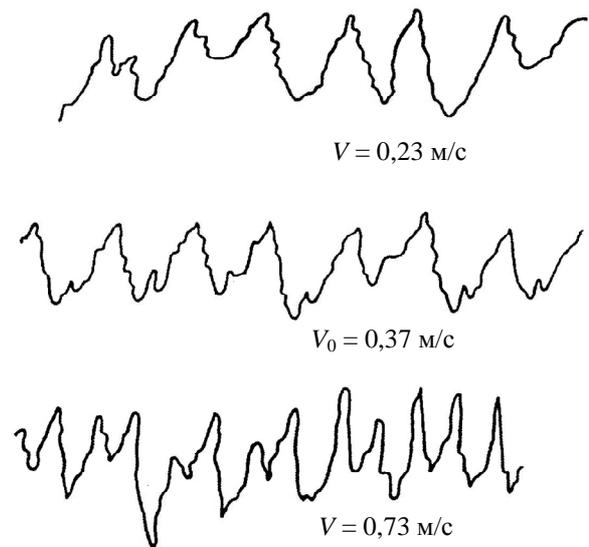


Рис. 6. Профилограммы шероховатости поверхности, обработанной точением сплава ХН77ТЮР резцом из ВК8. $S = 0,2$ мм/об; $t = 2$ мм; $r = 0,5$ мм; $\rho_1 = 30$ мкм, $\varphi = 45^\circ$; $\gamma = \alpha = 10^\circ$. Увеличение вертикальное – 2000, горизонтальное – 80

Оптимальные режимы резания обеспечивают максимальную стабильность показателей качества поверхностного слоя при обработке торцевых поверхностей дисков. Так, при обработке диска картина распределения остаточных напряжений и микротвердости в поверхностном слое представлена на рис. 7. Наибольшая неоднородность остаточных напряжений, степени и глубины наклепа наблюдается при обработке с постоянным числом оборотов. При обработке с постоянной скоростью резания разброс остаточных напряжений и глубины их залегания, а также микротвердости и глубины наклепа меньше. Минимальный разброс наблюдается при постоянной температуре резания. В этом случае получено также минимальное изменение по полотну диска шероховатости обработанной поверхности (рис. 8).

ВЫВОДЫ

Оптимальная скорость резания, обеспечивающая минимум износа режущего инструмента, факт существования которой был установлен профессором, доктором технических наук Макаровым А. Д. [2], является предпочтительной при обработке деталей, к которым предъявляются определенные требования к качеству поверхностного слоя или необходимо обеспечить заданные эксплуатационные свойства деталей.

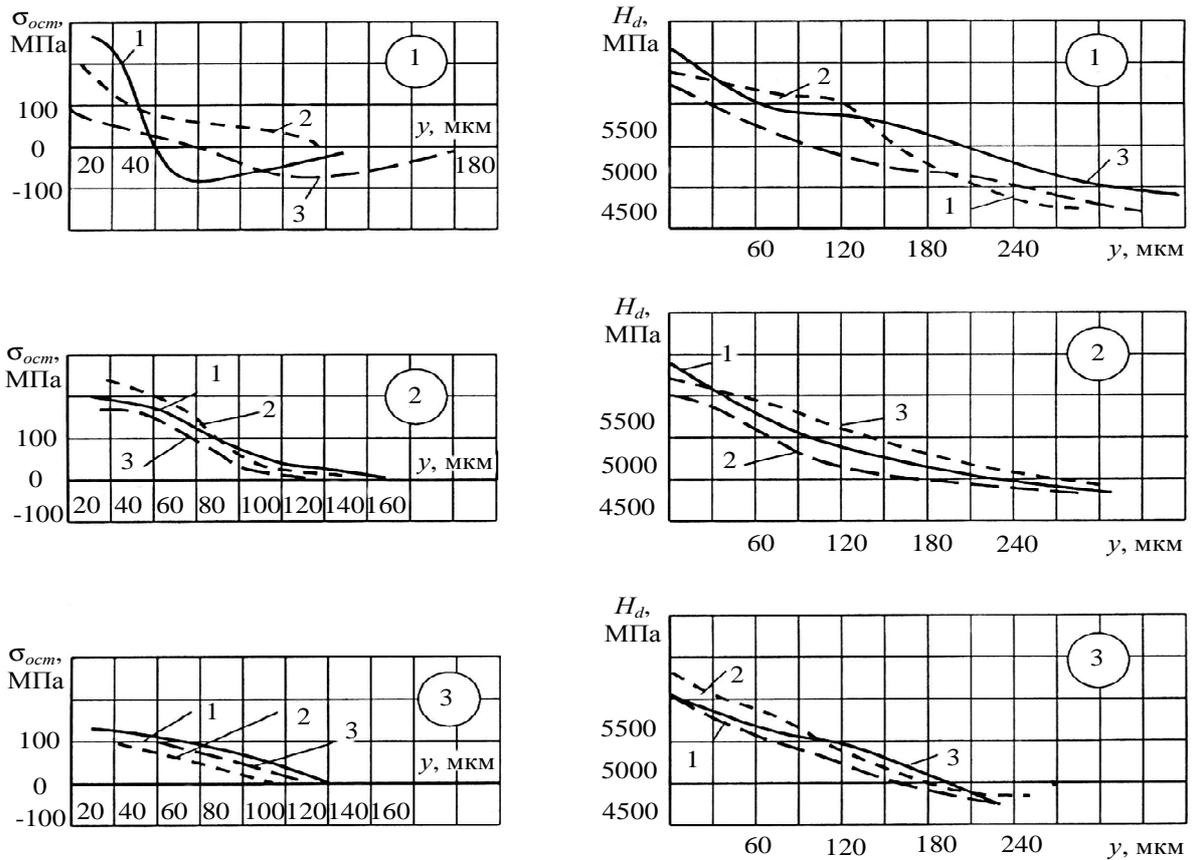


Рис. 7. Остаточные напряжения и микротвердость в полотно диска из ХН73МБТЮ при токарной обработке на различных режимах. y – глубина рассматриваемого слоя от поверхности, 1 – режим обработки с постоянным числом оборотов, $n = 0,62$ об/с; 2 – режим обработки с постоянной скоростью резания: $v = 0,18$ м/с; 3 – режим обработки с постоянной температурой резания: $\theta = 750$ °C, 1 – $R = 0,3$ м; 2 – $R = 0,18$ м; 3 – $R = 0,08$ м, $\alpha = \gamma = 10^\circ$, $\phi = 45^\circ$, $\phi_1 = 15^\circ$, $\lambda = 0$, $r = 1 \cdot 10^{-3}$ м, $t = 1 \cdot 10^{-3}$ м, $S = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м/об, R – радиус диска, на котором определялись напряжения и микротвердость

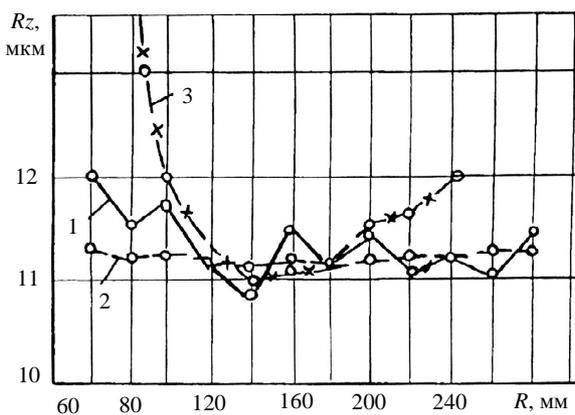


Рис. 8. Высота неровностей на полотно диска при токарной обработке на различных режимах: 1 – $v = 0,635 v/c - const$; 2 – $\theta = 750^\circ C - const$; 3 – $n = 37$ об/мин – const

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Силин, С. С.** Метод подобия при резании материалов / С. С. Силин. М.: Машиностроение, 1979. 52 с.
2. **Макаров, А. Д.** Оптимизация процессов резания / А. Д. Макаров. М.: Машиностроение, 1976. 278 с.

ОБ АВТОРЕ



Безъязычный Вячеслав Феоктистович, зав. каф. технологии авиац. двигателей и общего машиностроения РГАТА. Профессор, д-р техн. наук, заслуж. деятель науки и техники Российской Федерации, академик.